

نوع مقاله: پژوهشی

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در تراکم‌های مختلف بوته در شرایط آب و هوایی استان لرستان

مامک خرم‌آبادی^۱، امین فرنی^۲ (نویسنده مسئول)^{۳*} و شهرام نخجوان^۳

۱- کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران، Mamakhorram@gmail.com

۲- استادیار، گروه کشاورزی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران، aminfarnia@gmail.com

۳- استادیار، گروه کشاورزی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران، shahramnakhjavan@gmail.com

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۴

The effect of biological and chemical fertilizers on the performance of red bean seed yield and protein at different plant densities in the climatic conditions of Lorestan Province

Mamak Khorramabadi¹, Amin Farnia (Corresponding author)^{2*} and Shahram Nakhjavan³

1- M.Sc, Department of Agriculture, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran,

Mamakhorram@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran, aminfarnia@gmail.com

3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran, shahramnakhjavan@gmail.com

Received: May 2025 Accepted: July 2025

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of chemical and biological nitrogen fertilizer application and plant density on agronomic characteristics and protein content of red bean. The experiment was conducted as a split-split plot in a randomized complete block design with four replications. In the main plots, plant density treatment (30, 40 and 50 plants.m⁻²), in both subplots, nitrogen fertilizer (120 and 144 kg.ha⁻¹) and biological fertilizer (control, rhizobium, nitroxin and a mixture of these two fertilizers) were placed, respectively. The results showed that the components of grain yield were affected by different experimental treatments, so that the highest grain yield in the treatment of simultaneous application of two biofertilizers, Nitroxen and Rhizobium, along with nitrogen chemical fertilizer and at a density of 40 plants.m⁻². At a density of 50 plants.m⁻² and application of nitrogen chemical fertilizer, the highest biological yield, was obtained. The amount of grain protein was also affected by the experimental treatments and the highest amount of protein was at a density of 50 plants.m⁻² with the application of nitrogen chemical fertilizer and the simultaneous application of Nitroxen and Rhizobium. Based on the results of this study, it was determined that in order to achieve the highest bean grain yield in the two regions of Dorud and Borujerd, the treatment of simultaneous application of two biofertilizers, Nitroxen and Rhizobium, along with nitrogen chemical fertilizer and at a density of 40 plants can be recommended.

Keywords: Beans, Grain yield, Nitrogen, Plant density

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
Spring 2025, Vol 20, No 1, Pp 68-91

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر کاربرد کود شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن و تراکم بوته بر ویژگی‌های زراعی و میزان پروتئین لوبیا قرمز انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در کرت‌های اصلی تیمار تراکم بوته (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع)، در هر دو کرت فرعی به ترتیب تیمارهای کود نیتروژن (۱۲۰ و ۱۴۴ کیلوگرم در هکتار) و کود زیستی (شاهد، ریزوبیوم، نیتروکسین و مخلوط این دو کود) قرار گرفتند. نتایج نشان داد اجرای عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش قرار گرفتند، به طوری که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم به همراه کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع حاصل شد. در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن بالاترین عملکرد بیولوژیک حاصل گردید. میزان پروتئین دانه نیز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار داشت و بالاترین میزان پروتئین در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع به همراه کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و کاربرد هم‌زمان نیتروکسین و ریزوبیوم حاصل گردید. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که برای دستیابی به بالاترین میزان عملکرد دانه لوبیا در دو منطقه دورود و بروجرد می‌توان تیمار کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم به همراه کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۴۰ بوته را توصیه نمود.

کلمات کلیدی: تراکم بوته، عملکرد دانه، نیتروژن، لوبیا

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

بهار ۱۴۰۴، دوره ۲۰، شماره ۱، صص ۶۸-۹۱

مقدمه و کلیات

روند رو به رشد جمعیت جهانی نگرانی افزایش مصرف مواد غذایی را به دنبال داشته و بشر را به فکر تأمین نیازهای تغذیه‌ای این جمعیت رو به رشد انداخته است (Patient et al., 2023). لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. به دلیل بالا بودن مقادیر پروتئین و اسیدهای آمینه مفید از ارزش غذایی بالایی برخوردار بوده از نظر سطح زیر کشت جهانی، این گیاه در بین حبوبات مقام اول را دارا می‌باشد (Asemanrafat et al., 2017). افزایش تولید در واحد سطح مستلزم به کاربردن راه‌های مدیریت زراعی از قبیل استفاده از بذور سالم و با کیفیت، استفاده از سیستم مکانیزاسیون کشاورزی، کاربرد سموم و کودهای شیمیایی و سایر راه‌های به زراعی می‌باشند. کاربرد کودهای مختلف در جهت تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاهان برای افزایش تولید این گیاهان از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. محققین تخمین زده‌اند که ۶۰ درصد از زمین‌های زراعی جهان دچار کمبود مواد غذایی هستند که ناشی از کمبود، غیر قابل دسترس بودن یا سمیت بعضی از عناصر غذایی ضروری می‌باشد (Upenji et al., 2020). تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد یکی از روش‌های به‌زراعی افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌باشد (Merga et al., 2020). کود نیتروژن از عوامل زراعی مهم می‌باشد که اثر قابل توجهی بر عملکرد و رشد گیاه دارد و در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاه نقش اساسی ایفا می‌کند (برده‌جی و همکاران، ۱۳۹۹). نیتروژن بر واکنش‌های بیوشیمیایی، شدت فتوسنتز، افزایش دوره رویش و افزایش تجمع

ماده خشک در اندام‌های هوایی و در نتیجه بر بهبود اجزای عملکرد گندم مؤثر است از طرف دیگر استفاده بی‌رویه از این عنصر اثرات منفی بر عملکرد و اجزاء عملکرد می‌گذارد (Chuma et al., 2022). مقدار ازت در دانه لوبیا از سایر عناصر غذایی پرمصرف که از خاک جذب می‌شوند بیشتر است و اساساً به نسبت بیشتری در افزایش عملکرد در مقایسه با سایر عناصر غذایی نقش دارد (Egigu et al., 2021). گیاهان معمولاً به کمبود نیتروژن از طریق کاهش در استفاده از منابع، کاهش کارایی استفاده از منابع و یا هر دو پاسخ می‌دهند (Hussein et al., 2018). کمبود نیتروژن سطح برگ را کاهش داده، پیری برگ را تسریع و کارایی مصرف انرژی را کاهش می‌دهد (Soratto et al., 2017). بیشترین تاثیر را نیتروژن روی توسعه سطح برگ می‌گذارد و بدین طریق بر فتوسنتز گیاه تاثیر می‌گذارد (Soratto et al., 2017). یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است (Chuma et al., 2022). کودهای زیستی، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاکزی می‌باشند که همراه با مواد نگه‌دارنده مناسبی عرضه می‌شوند و نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آن‌ها می‌شوند (Patient et al., 2023). کودهای زیستی گاه به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (دهمرد و همکاران، ۱۳۹۷). یکی از فاکتورهای مهم جهت تولید بیشتر در واحد سطح، انتخاب تراکم مناسب می‌باشد. در صورتی که تراکم بکار گرفته شده

کم باشد، از پتانسیل موجود در مزرعه بهره برداری نمی شود و از طرفی افزایش بیش از حد تراکم باعث می شود که گلها عقیم شوند و عملکرد کاهش یابد (یزدی صمدی و پوستینی، ۱۳۷۶). با افزایش فاصله بوته روی ردیف و فاصله ردیف بر وزن دانه در بوته لوبیا قرمز افزوده شد (Torabi Jefroodi et al., 2005). در تحقیقی که احمدزاده قویدل و همکاران (۱۳۹۷) روی ارقام لوبیا قرمز انجام دادند عنوان داشتند که تعداد غلاف در گیاه از جمله حساسترین جزء از اجزاء عملکرد می باشد که تحت تأثیر تراکم های مختلف قرار دارد و روی عملکرد اثر مستقیم دارد.

فرآیند پژوهش

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کاربرد کود استارتر نیتروژنه و کود بیولوژیک نیتروژنه و تراکم بوته بر اجزای عملکرد و پروتئین لوبیا قرمز در دو مکان دورود (سرد و معتدل) و ازنا (با اقلیم سرد) در استان لرستان انجام شد. آزمایش به صورت آزمایش اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تراکم بوته، کاربرد کود استارتر نیتروژن و کاربرد کود زیستی نیتروژن بودند. در کرت های اصلی تیمار تراکم بوته با سه تراکم ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع قرار گرفت. همچنین در کرت های فرعی کود نیتروژن استارتر (به صورت کاربرد ۱۴۴ کیلوگرم) به میزان ۲۰ درصد بیشتر از مقدار توصیه شده آزمون خاک در هکتار و شاهد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار براساس آزمون خاک قرار گرفت. کاربرد کود استارتر نیتروژن در زمان کاشت و مقدار آن براساس آزمون خاک انجام گرفت. در کرت های دوبار فرعی شده نیز تیمار کاربرد کود

زیستی نیتروژنه در چهار سطح ریزوبیوم *Rhizobium* (*Leguminosarum*) (۱۸۰ گرم در هکتار)، کود زیستی نیتروکسین (۱/۵ لیتر در هکتار)، مخلوط دو کود ریزوبیوم و نیتروکسین و عدم کاربرد آنها قرارگرفت. رقم مورد بررسی لوبیا قرمز (رقم گلی) بود. هر واحد آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت ۶ متری بود. برای اندازه گیری تعداد غلاف در بوته، میانگین وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و میانگین صفات فوق اندازه گیری شد. برای محاسبه ی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از حذف دو خط کاشت در طرفین و نیم متر از ابتدا و انتهای دو خط کاشت وسط آزمایش به عنوان حاشیه، در هر کرت یک متر مربع برداشت و پس از برداشت ابتدا کل بوته ها را توزین (عملکرد بیولوژیک) و سپس دانه ها پس از کوبیده شدن جدا و توسط ترازو دقیق توزین (عملکرد دانه) و در نهایت از اعداد بدست آمد. شاخص برداشت نیز با استفاده از رابطه ریز محاسبه گردید (مومنی، ۱۳۹۰):

$$100 \times (\text{عملکرد بیولوژیک} / \text{عملکرد اقتصادی}) =$$

درصد شاخص برداشت

سنجش پروتئین دانه به روش Bradford (۱۹۹۶) انجام شد و به منظور سنجش عملکرد پروتئین دانه، درصد پروتئین در عملکرد دانه ضرب و عملکرد نهایی پروتئین دانه ثبت گردید. پس از نمونه برداری و جمع آوری داده های آزمایشی تجزیه مرکب داده ها انجام خواهد شد و تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) و با استفاده از نرم افزار SAS V.9.4 انجام شد.

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۷۱

نتایج و بحث

بیولوژیک و درصد پروتئین دانه معنی‌دار گردید. اثر متقابل مکان×تراکم بوته×کود شیمیایی بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید. اثر متقابل تراکم بوته×کود زیستی نیز بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید. اثر متقابل مکان×تراکم بوته×کود شیمیایی نیز بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، درصد پرتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار بود، در حالی که اثر متقابل مکان×کود شیمیایی×کود زیستی فقط بر صفات وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، درصد پرتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار گردید. اثر متقابل چهارگانه مکان×تراکم بوته×کود شیمیایی×کود زیستی نیز فقط بر صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، درصد پرتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج نشان داد اثر تیمار مکان بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد پرتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار گردید. اثر تیمار تراکم بوته نیز بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد پرتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار گردید. اثر تیمار کود شیمیایی بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد پرتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار گردید. اثر تیمار کود زیستی نیز بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد پرتئین دانه و عملکرد پروتئین معنی‌دار گردید. اثر متقابل تراکم بوته×کود شیمیایی فقط بر صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر مکان، تراکم بوته و کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن بر اجزای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز

Table 1- Analysis of variance for effect of location, plant density, and application of chemical and biological nitrogen fertilizers on yield components and seed protein of red bean

میانگین مربعات (MS)										
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	وزن غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین
مکان (p)	۱	۲/۲۴*	۰/۰۰۲	۰/۰۹	۳/۱۷**	۳۹۷۰۳۷**	۲۶۹۵۲۱۱۱**	۲۳۴۴	۰/۱۳	۱۳۳۲۱
خطای ۱	۶	۲/۹۵	۰/۰۱۳	۰/۱۴	۲/۰۱	۳۲۲۷۴۷	۱۳۷۳۹۳۱	۸۲۲	۰/۰۶	۱۸۲۹۳
تراکم بوته (a)	۲	۱۳۱/۶۶**	۰/۱۵**	۲/۰۳**	۵/۱۴**	۱۶۶۴۸۰۶**	۲۴۴۱۶۶۲۶**	۲۳۲۲**	۱۱۴/۵۲**	۱۱۱۷۲۹**
p*a	۲	۳/۴۸**	۰/۱۲**	۲/۰۲**	۰/۰۲*	۳۲۲۰۳۴۹**	۱۴۳۳۶۷۲	۱۵۱۲	۰/۲۲**	۱۸۲۵۹۸**
خطای ۲	۱۲	۰/۴۶	۰/۰۰۵	۰/۰۷	۰/۱۹	۳۵۸۷۵	۸۲۸۷۳۹	۶۳۹	۰/۰۰۸	۱۷۱۷
کود شیمیایی (b)	۱	۵۷/۰۰۷**	۰/۰۸**	۰/۷۰**	۸/۳۷**	۱۱۰۹۲۲۳**	۱۰۶۵۹۶۵۶۹**	۲۸۷	۱۴/۷۵**	۷۵۴۱۳۳**
a*b	۲	۲/۵۹**	۰/۰۰۹	۰/۱۰	۰/۲۲	۱۴۱۹۷	۲۷۱۴۱۱۲*	۵۶۳	۱/۹۲**	۶۱۴۳
p*b	۱	۰/۲۱	۰/۰۱۳	۰/۲۰	۰/۰۳	۲۰۴۹۰	۴۸۴۷۲۲	۶۶۶	۰/۰۰۲	۶۳۹
p*a*b	۲	۱/۲۲*	۰/۰۸**	۱/۲۵**	۰/۰۵	۷۱۹۷۴۹**	۲۹۱۱۲۶	۳۸۳	۰/۴۹**	۴۹۹۹۰**
خطای ۳	۱۸	۰/۳	۰/۰۰۴	۰/۰۶	۰/۴۱	۳۸۸۵۷	۶۸۱۰۸۲	۶۸۵	۰/۰۱۷	۲۱۲۲
کود زیستی (c)	۳	۶۲/۴۸**	۲/۷۷**	۲۹**	۹۴/۴۴**	۴۷۸۹۵۵۹۱**	۱۴۱۲۶۹۱۷۵**	۴۳۳۲**	۶/۷۸**	۲۷۷۳۷۰۹**

۷۲ فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران، دوره بیستم، شماره اول

۱۶۶۴۰**	۰/۰۸**	۸۲۲	۲۰۳۸۳۲۴**	۳۱۲۷۳۴**	۰/۱۲	۰/۴۱**	۰/۰۳**	۱/۰۹**	۶	a*c
۳۷۶۷۸**	۰/۰۷*	۱۳۴۸	۷۱۹۴۷۱۳**	۷۰۳۴۹۴**	۰/۱۹	۰/۹۱**	۰/۰۵**	۰/۷۳	۳	b*c
۱۲۶۴۴**	۰/۱۰**	۵۹۵	۱۲۳۲۶۶	۲۳۹۱۱۴**	۰/۱۴	۰/۹۶**	۰/۰۵**	۰/۸۱*	۶	a*b*c
۱۷۲۶۱**	۰/۰۱۲	۹۵۵	۴۳۶۳۲۱	۳۳۴۰۹۹**	۰/۴۷	۲/۳۰**	۰/۱۴**	۲/۰۰۲**	۳	p*c
۳۸۰۱۷**	۰/۰۲	۸۲۲	۶۴۱۹۵۷	۶۷۶۵۹۰**	۰/۲۶	۰/۴۰**	۰/۰۲۵**	۱/۵۱**	۶	p*a*c
۹۱۷۸**	۰/۰۰۸	۶۰۲	۱۶۷۹۱۸	۱۶۶۷۶۶**	۰/۰۶	۰/۴۵**	۰/۰۲*	۰/۳۷	۳	p*b*c
۶۱۴۷**	۰/۱**	۶۷۵	۳۳۳۹۰۳	۱۰۴۳۸۳*	۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۰۱	۲/۲۵**	۶	p*a*b*c
۲۱۷۳	۰/۰۲	۶۱۷	۵۷۹۰۵۱	۳۹۵۳۶	۰/۳۷	۰/۱۰	۰/۰۰۷	۰/۳۰	۱۰۸	خطای کل
۸/۵۷	۷/۰۳	۸/۲۴	۹/۸۶	۸/۵۲	۲/۴۸	۹/۲۲	۷/۵۴	۸/۳۷	-	ضریب تغییرات (%)

Place= مکان، a= تراکم بوته، b= کود شیمیایی نیتروژن، c= کود زیستی نیتروژن

** و * به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است

تولید گردید، که نتایج این مطالعه با یافته‌های تحقیق آنها مطابقت داشت. علیرزاده و همکاران (۱۳۹۸) بیان داشتند که بین تشعشع خورشیدی دریافت شده توسط کل کانوپی به ازای هر گل و احتمال تبدیل آن به غلاف، رابطه‌ی مثبت وجود دارد که تغییر در تراکم بوته می‌تواند عاملی مهم و تأثیرگذار بر این شاخص باشد. همچنین کاهش تعداد غلاف در بوته در تراکم بالاتر از حد مطلوب را می‌توان به انبوهی شاخ و برگ های سایه‌انداز و عدم دستیابی گیاهان به نور کافی نسبت داد. افزایش تراکم بوته موجب کاهش نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاهی شده و در نتیجه تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (Bagheri and Safahani, 2020). رقابت بین گیاهان دسترسی به عوامل محیطی را محدود نموده و سایه‌انداز قسمت های پایین کانوپی در تراکم بیشتر دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته می‌باشد (حیدرزاده و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین عنوان شده است که در تراکم‌های بیش از حد مطلوب به علت رقابت بین بوته‌ها برای بدست آوردن منابع محدود تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (Nandini, 2017). در تراکم‌های مختلف کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و

تعداد غلاف در بوته: افزایش تراکم بوته منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته در هر دو مکان ازنا و دورود گردید. در دو مکان ازنا و دورود بالاترین تعداد غلاف در بوته به ترتیب به مقادیر ۱۰/۰۲ و ۹/۷۵ غلاف در بوته در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع و کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم به همراه کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به دست آمد. این در حالی بود که کمترین تعداد غلاف در بوته در دو مکان ازنا و دورود در تیمارهای عدم کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع حاصل شد (جدول ۲). در این مطالعه در دو مکان دورود و ازنا و همچنین در شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن، افزایش تراکم بوته منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته شد. در تراکم‌های بالاتر، رقابت برای فضا، نور و مواد غذایی برای هر گیاه بیشتر شده و بنابراین، تولید شاخه‌های جانبی و به دنبال آن تولید غلاف در بوته کمتر شده است. در مطالعه قربانی گیالیه و عاشوری (۱۳۹۷) نیز مشخص شد که در سطوح مختلف کاربرد کود نیتروژن، افزایش ارتفاع بوته با کاهش تعداد غلاف در بوته همراه بوده و در تراکم کمتر، تعداد غلاف بیشتری

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۷۳

کاربرد هم‌زمان نیتروکسین و ریزوبیوم سبب شد که بالاترین تعداد غلاف در بوته حاصل گردد. این افزایش ممکن است به علت تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی برای قسمت‌های زایشی نسبت به سطوح کودی پایین‌تر بوده باشد. برخی دیگر از محققین نیز در گیاه باقلا عنوان داشتند که افزایش میزان نیتروژن به صورت تیمار کودی، منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته شده است (Noori et al., 2023). کودهای زیستی به دلیل توانایی در حلالیت و افزایش جذب فسفر نامحلول موجود در خاک، در مرحله زایشی و باروری گیاه تأثیر دارد (صابری و همکاران، ۱۳۹۴). این محققین همچنین گزارش کردند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی باعث توازن بین مخزن و منبع شده به طوری که تلفیق آنها

باعث افزایش ظرفیت مخزن گردید و تأمین سایر عناصر غذایی به همراه فسفر از طریق کاربرد تلفیقی کودها، باعث افزایش قدرت منبع شد و همین امر یکی از دلایل افزایش تعداد غلاف در بوته در گیاه لوبیا و در تراکم‌های مختلف کاشت بود. صانعی و همکاران (۱۳۹۷) نیز افزایش تعداد غلاف در بوته لوبیا با کاربرد کودهای زیستی را گزارش نمودند. همچنین بایستی در نظر داشت که یکی از دلایل احتمالی افزایش تعداد نیام در بوته در حالت تلقیح بذر با کود زیستی احتمالاً به دلیل افزایش تعداد شاخه در بوته در گیاهان تحت تأثیر این تیمار بوده است. این نتایج با نتایج ارائه شده در تحقیق لطفی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل مکان، تراکم بوته و کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن بر اجزای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز

Table 2- Mean Comparison for interaction effect of location, plant density, and application of chemical and biological nitrogen fertilizers on yield components and seed protein of red bean

صفات بررسی شده									
تیمارهای آزمایشی		غلاف در بوته (تعداد)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		پروتئین دانه (درصد)		عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	
تراکم بوته	کود نیتروژن	کود زیستی	ازنا	دورود	ازنا	دورود	ازنا	دورود	ازنا
۳۰ بوته	عدم کاربرد	شاهد	۵/۱۷c	۵/۶۵c	۱۶۶۰g	۱۷۹۴g	۲۱/۴۴c	۲۱/۲۴c	۳۵۵d
		ریزوبیوم	۷/۰۲bc	۷/۱۷b	۲۴۵۶de	۲۳۹۵de	۲۱/۹۱c	۲۱/۷c	۵۳۸c
		نیتروکسین	۸/۲۵b	۸/۰۵ab	۲۴۵۱de	۲۲۷۰e	۲۲/۱۶bc	۲۱/۹۵c	۵۴۳c
		ریزوبیوم+نیتروکسین	۸/۴b	۸/۸۵ab	۲۸۵۹c	۲۹۸۱bc	۲۲/۱۲bc	۲۲/۱۸bc	۶۳۲bc
	کاربرد	شاهد	۶/۹۷bc	۷/۸۲b	۱۹۱۴f	۲۱۳۱e	۲۱/۳۷c	۲۱/۷c	۴۰۹cd
		ریزوبیوم	۷/۶۲bc	۹/۴۷a	۲۷۸۰c	۲۸۵۳cd	۲۱/۵۵c	۲۱/۸۸c	۵۹۹c
		نیتروکسین	۹/۲ab	۹/۶۷a	۲۸۴۶c	۳۱۱۴c	۲۲/۱۵bc	۲۲/۲۶bc	۶۳۰bc
		ریزوبیوم+نیتروکسین	۱۰/۰۲a	۹/۷۵a	۳۱۰۰b	۳۲۴۵bc	۲۲/۶۶bc	۲۲/۵۵bc	۷۰۲b
۴۰ بوته	عدم کاربرد	شاهد	۴/۵cd	۵/۱c	۲۲۲۰ef	۲۱۳۸e	۲۲/۲۶bc	۲۲/۱۵bc	۴۹۴cd
		ریزوبیوم	۵/۶۲c	۵/۸۷c	۲۴۶۱de	۲۳۳۰de	۲۲/۸۹bc	۲۲/۶۳bc	۵۶۳c
		نیتروکسین	۵/۹c	۶/۸۵bc	۲۴۴۴de	۳۰۸۵c	۲۳/۰۹b	۲۲/۷۸bc	۵۶۴c
		ریزوبیوم+نیتروکسین	۶/۸bc	۷/۸۷b	۳۴۶۰a	۳۴۹۶b	۲۳/۲۳b	۲۲/۹۲bc	۸۰۳ab
	کاربرد	شاهد	۵/۲۲	۵/۱c	۱۹۰۶f	۱۷۸۸g	۲۳/۱۱b	۲۲/۸bc	۴۴۰cd
		ریزوبیوم	۷/۰۲bc	۷/۶۲b	۲۷۳۲cd	۲۸۳۳cd	۲۳/۴b	۲۳/۰۹b	۶۳۹bc
		نیتروکسین	۷/۵۵bc	۷/۸۷b	۲۹۰۸c	۲۷۴۴cd	۲۳/۶۲b	۲۳/۵۴b	۶۸۷bc

۸۷۷a	۸۲۶a	۲۳/۷۷b	۲۳/۶۱b	۳۶۹۰a	۳۵۰۱a	۸/۵۵ab	۸/۲۲b	ریزوبیوم+نیتروکسین		
۴۵۰c	۳۹۲d	۲۳/۸b	۲۳/۶۴b	۱۸۹۴fg	۱۶۶۲g	۴/۶۲c	۳/۳۵d	شاهد	عدم کاربرد	۵۰ بوته
۶۰۹b	۵۹۶c	۲۴/۰۵ab	۲۳/۸۹b	۲۵۳۳d	۲۴۹۶de	۵/۱۵c	۳/۷۵d	ریزوبیوم		
۶۶۸	۶۴۶bc	۲۴/۴۳ab	۲۴/۱۸ab	۲۷۳۶cd	۲۶۷۲cd	۴/۵۲c	۴/۹۷cd	نیتروکسین		
۷۰۹ab	۸۳۰a	۲۴/۷۷ab	۲۴/۵۲ab	۲۸۶۴cd	۳۳۸۵ab	۴/۹۵c	۷/۵۲bc	ریزوبیوم+نیتروکسین		
۴۸۴c	۴۵۲cd	۲۴/۶۴ab	۲۴/۶۳ab	۱۹۶۸f	۱۸۳۷f	۴/۱۷c	۴/۱۳cd	شاهد	کاربرد	
۶۶۲b	۶۵۷bc	۲۴/۸۳ab	۲۵/۰۶a	۲۶۶۸d	۲۶۲۳cd	۵/۲۲c	۵/۸۲c	ریزوبیوم		
۶۵۹b	۷۲۵b	۲۳/۹۴b	۲۵/۱۷a	۲۷۵۵cd	۲۸۸۴c	۵/۱c	۶/۵c	نیتروکسین		
۸۴۰a	۸۴۲a	۲۵/۳۳a	۲۵/۵۶a	۳۳۳۰b	۳۲۹۶b	۶/۵۷bc	۶/۸۵bc	ریزوبیوم+نیتروکسین		

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند

Means with at least one similar letter do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test

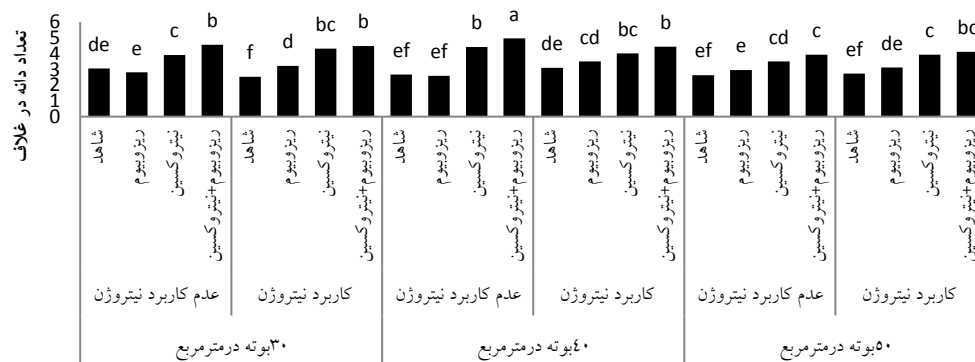
تراکم‌های زیاد بدلیل کاهش جذب نور کم می‌شود، این عامل منجر به سقط دانه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در غلاف می‌گردد (Matinfar et al., 2023). برخی دیگر از محققین نیز گزارش نمودند که تراکم بوته روی تعداد دانه در بوته در گیاه لوبیا اثر داشته و افزایش تراکم بوته با کاهش تعداد دانه در غلاف همراه بود (Torbatinejad et al., 2022). تراکم ۴۰ بوته یک تراکم بهینه جهت افزایش تعداد دانه در غلاف بود که کاربرد کودهای زیستی و به خصوص کاربرد هم‌زمان آنها منجر به افزایش بیشتر تعداد دانه در غلاف در بوته لوبیا شد. در مطالعه چاوشی و همکاران (۱۳۹۸) روی گیاه لوبیا نیز نتایج مشابهی به دست آمد و مشخص شد که کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی منجر به افزایش بیشتر تعداد دانه در غلاف شد و این افزایش نسبت به تیمار شاهد و تیمار کاربرد تنهای کودهای زیستی بیشتر بود. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج مطالعه رهی و همکاران (۱۳۹۵) نیز مطابقت داشت. کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی ریزوبیوم و نیتروکسین با اثر سینرژیستی خود منجر به افزایش بیشتر تعداد دانه در غلاف نسبت به کاربرد تنهای آنها و یا عدم کاربرد آنها شده است. به نظر می‌رسد دلیل افزایش تعداد دانه در

تعداد دانه در غلاف: در سطوح مختلف تراکم بوته کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف شد و بالاترین تعداد دانه در غلاف به تعداد ۴/۹۷ دانه در غلاف در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، عدم کاربرد کود نیتروژن و کاربرد هم‌زمان ریزوبیوم و نیتروکسین حاصل گردید. همچنین کمترین تعداد دانه در غلاف به تعداد ۲/۵۲ دانه در غلاف در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع، کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم به دست آمد (شکل ۱). تراکم ۴۰ بوته در متر مربع سبب شد که تعداد دانه بیشتری در غلاف نمودار بگیرد. با افزایش تراکم بوته تا ۵۰ بوته در متر مربع رشد رویشی گیاه افزایش یافته که در نتیجه آن رشد زایشی به تعویق افتاده و منجر به نمودارگیری تعداد دانه کمتری در غلاف شده است (شکل ۱). تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، تراکم بهینه جهت دستیابی به بالاترین تعداد دانه در غلاف بود و با افزایش تعداد غلاف در بوته تا ۵۰ بوته در متر مربع تعداد دانه در غلاف نیز کاهش یافته است. مهم‌ترین دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر افزایش تراکم بوته است که میزان مواد فتوسنتزی تولیدی در

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۷۵

گیاه به آب و مواد غذایی از جمله نیتروژن و فسفر نسبت داد. هر چند که در این مطالعه، افزایش تراکم بوته با کاهش تعداد دانه در غلاف همراه بود، نتایج نشان داد به خصوص کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف شد. در شرایط افزایش تراکم بوته، آب و مواد غذایی جذب شده بیشتر صرف رشد رویشی شده و در نتیجه رشد زایشی کمتری نموده و تعداد دانه در غلاف کاهش یافته است. همچنین با کاربرد دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم، این کودها با ریشه گیاه همزیستی داشته و سطح جذب گیاه در خاک را افزایش می‌دهند که به دنبال آن تعداد دانه در غلاف نیز افزایش یافته است. در مطالعه Nava (۲۰۲۳) روی گیاه باقلا مشخص شد که تعداد دانه در غلاف با کاربرد کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج کار این محققین در یک راستا قرارداشتند.

غلاف با کاربرد کودهای زیستی به دلیل جلوگیری از عقیم شدن غلاف‌ها باشد. کودهای زیستی توانست سبب افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف شود و در نهایت افزایش تعداد دانه در بوته را باعث شد. کودهای آلی از طریق اثر مثبت بر تعداد گل باعث افزایش تعداد دانه می‌شوند (Darzi- Ramandi et al., 2016). در تحقیق دهمرده و همکاران (۱۳۹۷) نیز افزایش تعداد دانه در غلاف در اثر کاربرد کودهای زیستی فسفره گزارش شده است و نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج کار این محققین مطابقت داشت. میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی سطح و حجم ریشه‌ها برای جذب عناصر غذایی را افزایش داده و همچنین این کودها بخشی از نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه را فراهم نموده و با فراهمی این مواد شرایط تغذیه‌ای گیاه بهبود یافته و در نتیجه تعداد دانه در غلاف نیز افزایش یافته است. احمدزاده (۱۳۹۶) افزایش تعداد دانه در غلاف با کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره در گیاه لوبیا را به افزایش دسترسی



شکل ۱- اثر متقابل تراکم بوته*کود شیمیایی نیتروژن*کود زیستی نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند)

Fig 1- Interaction effect of plant density*nitrogen chemical fertilizer*nitrogen biofertilizer on the number of seeds in bean pods (Columns with at least one similar letter do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test)

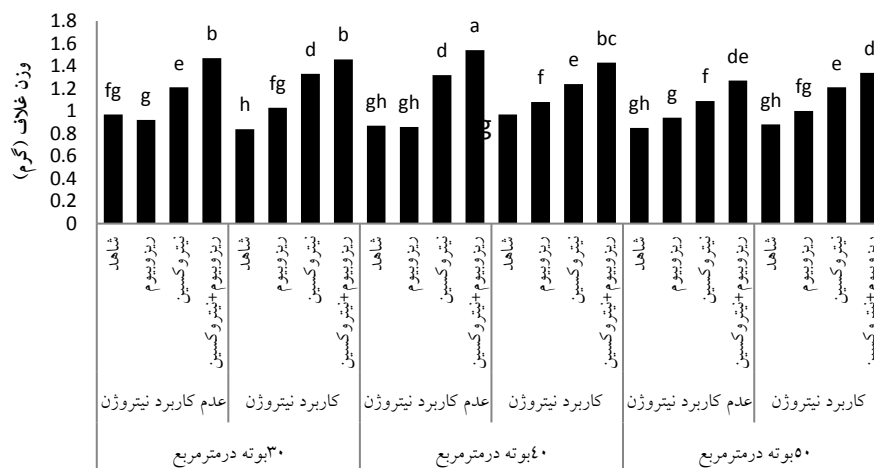
وزن غلاف: در تراکم‌های مختلف کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش میزان وزن غلاف گردید. براین اساس مشخص شد که بالاترین میزان وزن غلاف به میزان ۱/۵۴ گرم در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، عدم

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر وزن غلاف بود. در تراکم‌های مختلف کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش میزان وزن غلاف گردید. براین

منجر به کاهش وزن غلاف شده است. هر چند که کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی میزان وزن غلاف را افزایش داد، نتایج بیانگر این مطلب بود که تراکم‌های مختلف پاسخ متفاوتی به کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن نشان دادند. کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع به همراه کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی بهترین تیمار برای افزایش وزن غلاف بود. افزایش وزن غلاف در این تیمار بدین دلیل بوده که در شرایط تراکم ۴۰ بوته در متر مربع رقابتی کمتر از تراکم ۵۰ بوته بین گیاهان وجود داشته و همچنین عدم کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن سبب شده که همزیستی کودهای زیستی و کارایی آنها در جذب مواد غذایی افزایش یافته و از این طریق وزن غلاف نیز افزایش یافته است. با توجه به نتایج فوق، تیمار کودهای زیستی در مقایسه با تیمار شاهد باعث بهبود شرایط رشدی، افزایش مواد مغذی خاک و محلول سازی مواد معدنی خاک در اثر افزایش فعالیتهای میکروارگانیسم‌های خاکری شده و منجر به بهینه‌سازی جذب عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف توسط ریشه و بالا رفتن میزان فتوسنتز می‌شود. افزایش رشد و بالا رفتن وزن غلاف و دانه در هر گیاه سبب افزایش دریافت شیره پرورده توسط اندام مورد نظر مانند غلاف شده که در نتیجه آن با افزایش وزن دانه‌ها، وزن غلاف نیز افزایش یافته است (Azzaz et al., 2019).

کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم حاصل گردید. کاربرد هر دو نوع کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم با اثر سینرژیستی خود در سطوح مختلف کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی و در هر سه تراکم آزمایش منجر به افزایش میزان وزن غلاف گردید. در این مطالعه مشخص شد که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن در سطوح مختلف تیمار تراکم بوته اثر مثبتی بر وزن غلاف نداشت و در سطح تیمار کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و عدم کاربرد کودهای زیستی و در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع کمترین میزان وزن غلاف (۰/۸۴ گرم) حاصل گردید. عدم کاربرد کودهای زیستی در سطوح مختلف تیمار تراکم بوته سبب شد که وزن غلاف کمتری در بوته حاصل گردد و این وزن غلاف کم در شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای زیستی تقریباً مشابه بود (شکل ۲). وزن غلاف در گیاه یکی از مهم‌ترین فاکتورهای دخیل در عملکرد دانه بوده زیرا بیشتر بودن وزن دانه با افزایش عملکرد همراه می‌باشد. در این مطالعه مشخص شد که در هر سه تراکم بوته کاربرد کودهای زیستی به طور هم‌زمان (ریزوبیوم و نیتروکسین) میزان وزن غلاف را افزایش داد. مشابه با صفت تعداد دانه در غلاف، بالاترین میزان وزن غلاف نیز متعلق به تیمار تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بود و کاهش یا افزایش تعداد بوته در متر مربع

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۷۷



شکل ۲- اثر متقابل تراکم بوته*کود شیمیایی نیتروژن*کود زیستی نیتروژن بر وزن غلاف لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل

یک حرف مشابه هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند)

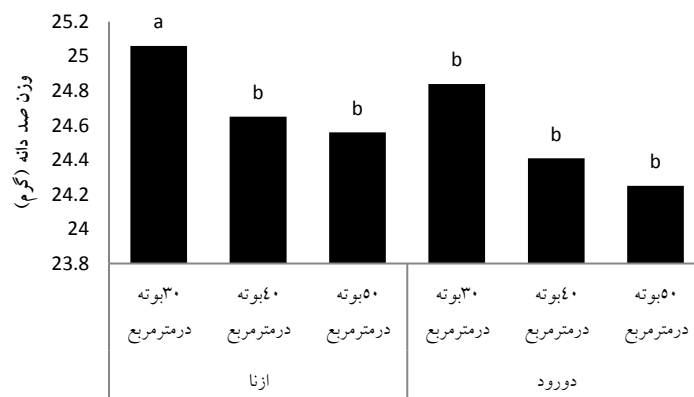
Fig 2- Interaction effect of plant density*nitrogen chemical fertilizer*nitrogen biofertilizer on bean pod weight (Columns with at least one similar letter do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test)

که در منطقه دورود تراکم بوته اثری بر وزن صد دانه لوبیا نداشت. برخی دیگر از مطالعات نیز نتایج مشابهی را نشان دادند (Patient et al., 2023). علیزاده و همکاران، (۱۳۹۸) نیز عنوان داشتند که با کاهش تعداد دانه در غلاف وزن دانه‌های باقیمانده افزایش یافته است، یعنی مواد متقل شده به دانه بین دانه‌های کمتری تقسیم شده و سهم هر دانه نسبت به زمانی که تعداد دانه بیشتر می‌باشد؛ مقدار بیشتر است. بایستی در نظر داشت که در تراکم‌های زیاد، به دلیل افزایش تنفس جامعه گیاهی و نیز کوتاه شدن دوره پر شدن مؤثر دانه که هر دو رشد دانه را محدود می‌سازند، وزن هزار دانه کاهش یافته است (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۸). به هر حال براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین ساده بین سطوح مختلف تیمارها در این مطالعه، در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع بالاترین میزان وزن صد دانه به مقدار ۲۴/۹۵ گرم حاصل گردید که نسبت به دو تیمار دیگر دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود. محققین دلیل معنی‌دار

وزن صد دانه: در منطقه ازنا وزن صد دانه در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع به طور معنی‌داری بالاتر از دو تراکم بوته دیگر بود. بالاترین میزان وزن صد دانه در تراکم بوته ۳۰ بوته در متر مربع و در مکان ازنا به دست آمد (۲۵/۰۶ گرم). این در حالی بود که کمترین میزان وزن صد دانه به مقدار ۲۴/۲۵ گرم در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و در مکان دورود به دست آمد (شکل ۳). با افزایش تراکم بوته در واحد سطح ارتفاع بوته افزایش یافته و این به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه بوده و افزایش رشد رویشی نیز با اختصاص بیشتر مواد غذایی و آب به اندامهای رویشی همراه بوده و در نتیجه مقدار مواد غذایی اختصاص داده شده به دانه‌ها کمتر بوده که به دنبال آن وزن صد دانه نیز کاهش می‌یابد. این وضعیت در هر دو شرایط کاشت در شهرستان‌های دورود و ازنا مشاهده گردید. وزن صد دانه در منطقه ازنا تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار تراکم بوته قرار گرفت و در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع بیشترین میزان وزن صد دانه حاصل گردید در حالی

که می‌توان دلیل آن را افزایش انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام زایشی لوبیا در اثر کاربرد نیتروژن دانست. همچنین کاربرد کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد توانست میزان وزن صد دانه را افزایش داده که این افزایش نیز می‌تواند به دلیل اثر سینرژیستی کاربرد هم‌زمان آنها در جذب مواد غذایی و آب از محیط ریشه بوده که در نهایت با افزایش تجمع مواد در دانه منجر به افزایش وزن صد دانه لوبیا شده است. برخی از محققین نیز عنوان داشتند که کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن با افزایش میزان پروتئین دانه منجر به افزایش وزن صد دانه شده است (Chaturvedi, 2005). در آزمایشی دیگر مشخص شد که کاربرد کودهای نیتروژن با افزایش وزن صد دانه در لوبیا همراه بود (قربانی گیلاهی و عاشوری، ۱۳۹۷).

بودن تأثیر فاصله بوته بر روی وزن صد دانه لوبیا را اینگونه عنوان کردند که با افزایش فاصله یا همان کاهش تراکم، رقابت بین بوته‌ها کاهش یافته و در نتیجه استفاده هر غلاف از مواد غذایی بیشتر می‌شود و از آنجا که تعداد دانه در هر غلاف تغییر نمی‌کند، اثر خود را با افزایش وزن هر دانه نشان می‌دهد (Torbatinejad et al., 2022). همچنین نتایج نشان داد مصرف کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن وزن صد دانه را افزایش داد (۲۴/۸۴ گرم). در بین سطوح مختلف کاربرد کود زیستی نیز کاربرد هم‌زمان دو کود ریزوبیوم و نیتروکسین سبب شد که بالاترین میزان وزن صد دانه به مقدار ۲۶/۵۷ گرم حاصل گردیده و کمترین میزان آن نیز در تیمار شاهد با مقدار ۲۳/۳۷ گرم به دست آمد. (جدول ۴-۹). به هر حال در این مطالعه وزن صد دانه لوبیا با مصرف کود افزایش یافت.



شکل ۳- اثر متقابل مکان*تراکم بوته بر وزن صد دانه لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند)

Fig 3 - Interaction effect of location*plant density on 100 bean seed weight (Columns with at least one similar letter do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test)

عملکرد دانه: میزان عملکرد دانه در شهرستان ازنا در شرایط کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم به همراه کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بالاترین میزان عملکرد دانه به مقدار ۳۵۰۱ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی نیتروژن (۳۴۶۰ کیلوگرم در

عملکرد دانه: میزان عملکرد دانه در شهرستان ازنا در شرایط کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم به همراه کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بالاترین میزان عملکرد دانه به مقدار ۳۵۰۱ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی نیتروژن (۳۴۶۰ کیلوگرم در

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۷۹

کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن منجر به افزایش بیشتر عملکرد دانه شده است (قربانی گیلایه و عاشوری، ۱۳۹۷)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. تراکم زیادتر بوته باعث کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته و همچنین کاهش تعداد دانه در غلاف شد. به هر حال در این مطالعه تراکم بهینه برای گیاه لوبیا جهت دستیابی به بالاترین میزان عملکرد دانه تراکم ۴۰ بوته در متر مربع به دست آمد که نسبت به تراکم‌های ۳۰ و ۵۰ بوته در متر مربع عملکرد بیشتری حاصل نمود. اصولاً زارعین بر این باور هستند که با افزایش تراکم می‌توان عملکرد را افزایش داد، اما باید توجه داشت که در تراکم‌های بیشتر از حد مطلوب، کاهش وزن بوته‌ها به حدی است که افزایش عملکرد ناشی از افزایش تعداد بوته در واحد سطح خنثی می‌شود (Rao et al., 2016). از طرفی افزایش تراکم کاشت تنها در حد مشخصی که برای همان تراکم مناسب است موجب افزایش عملکرد می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که اگرچه رابطه بین تراکم بوته با عملکرد دانه در مناطق و ارقام مختلف متفاوت بود ولی به طور کلی با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه تا حدودی افزایش می‌یابد و در ادامه عملکرد دانه ثابت می‌ماند. سپس با افزایش فشار جمعیت گیاهی، حتی زمانی که رطوبت و مواد غذایی عامل محدودکننده نیستند، عملکرد دانه به سرعت کاهش می‌یابد (قربانی گیلایه و عاشوری، ۱۳۹۷). بیشتر بودن عملکرد دانه در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع احتمالاً بدلیل تعداد غلاف بیشتر در سطح و در نتیجه تعداد دانه در غلاف بیشتر در این تراکم می‌باشد. همچنین این تراکم با ایجاد پوشش سبز بیشتر در واحد سطح احتمالاً توانسته بطور کارآمدتری از

هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد در شهرستان ازنا کمترین میزان عملکرد دانه به میزان ۱۶۶۰ کیلوگرم در هکتار تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع به دست آمد. در شهرستان دورود نیز بالاترین میزان عملکرد دانه به مقدار ۳۶۹۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسن و ریزوبیوم به همراه کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع حاصل شد و تیمار تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع سبب شد کمترین میزان عملکرد دانه به مقدار ۱۷۹۴ کیلوگرم در هکتار به دست آید (جدول ۲). تراکم بوته از تیمارهای اصلی اثرگذار بر عملکرد بوته در گیاه لوبیا بوده و مشخص گردید که در این مطالعه تراکم ۴۰ بوته در متر مربع برای دستیابی به بالاترین میزان عملکرد بوته مناسب بوده و سایر تیمارهای آزمایشی در این تراکم بوته بهترین واکنش را نسبت به افزایش عملکرد دانه نشان دادند. برخی دیگر از مطالعات نیز مشخص نمودند که تراکم بوته روی عملکرد دانه گیاه لوبیا اثر داشته و افزایش عملکرد دانه در تراکم بهینه رخ داده و تراکمی کمتر و یا بیشتر از تراکم بهینه منجر به کاهش میزان عملکرد بوته نسبت به تراکم بوته شده است (Patient et al., 2023) و یافته‌های حاصل از این مطالعه با نتایج کار این محققین مطابقت داشت. در این مطالعه تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و کاربرد کودهای شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن شرایط بهینه‌ای را برای گیاه لوبیا فراهم آورده و منجر به افزایش بیشتر عملکرد دانه شده است. برخی دیگر از محققین نیز عنوان داشتند که در گیاه لوبیا تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و کاربرد ۶۰

تشعشع خورشید در جهت تولید عملکرد اقتصادی بهره‌برداری کند. از طرفی افزایش تراکم بوته از طریق کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف در بوته، باعث کاهش عملکرد دانه در تک بوته می‌شود، اما افزایش مطلوب تراکم منجر به جبران کاهش شاخه‌های فرعی و اجزای عملکرد گیاه از طریق افزایش تعداد بوته خواهد شد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین براساس نتایج بدست آمده برای صفات سبزی‌نگی، طول دوره گل‌دهی، روز تا پایان گل‌دهی که در اثر افزایش تراکم بوته کاهش یافته بود می‌تواند دلیلی برای کاهش عملکرد و اجزای عملکرد لویا باشد چرا که با کاهش هریک از صفات فوق عملکرد تاثیر منفی و مستقیمی می‌پذیرد و کاهش می‌یابد. بایستی به این مطلب نیز توجه نمود که افزایش تراکم تا حدی سبب بالارفتن عملکرد می‌شود سپس به علت افزایش رقابت درون گونه ای کاهش می‌یابد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۸). که در این مطالعه این وضعیت مشاهده شد و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع عملکرد نسبت به تراکم‌های کمتر و بیشتر افزایش یافته است. گروهی از محققان نیز علت افزایش عملکرد دانه با افزایش تراکم را به پوشش مناسب‌تر سطح مزرعه توسط بوته‌ها و استفاده از عوامل محیطی نسبت دادند (Vahidi et al., 2020). محققان بیان نموده‌اند که تراکم بوته اثر مهمی بر توزیع ماده خشک بین مخازن رویشی و زایشی گیاه دارد، به طوری که در تراکم‌های بالا به علت کاهش مواد فتوسنتزی طی دوره گل‌دهی، عقیمی دانه افزایش می‌یابد (Ghafari, 2019). علاوه بر این کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه و به خصوص

کاربرد هم‌زمان دو کود نیتروکسین و ریزوبیوم به همراه کاربرد کود شیمیایی نیتروژن میزان عملکرد دانه را به میزان بیشتری افزایش داده است که این وضعیت در تراکم‌های مختلف بوته مشاهده شده است. کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن میزان نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار داده و کودهای زیستی نیز با گسترش سطح ریشه و افزایش جذب آب و مواد غذایی منجر به افزایش عملکرد نهایی بوته در واحد سطح شده است. افزایش راندمان تولید محصول از طریق جذب و استفاده از عناصر غذایی، مستلزم آن است که فرآیندهای موثر بر جذب، انتقال، آسمیلاسیون و توزیع عناصر در گیاه به طور فعال و هماهنگ عمل نمایند (مرادنژاد حصاری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین کودهای بیولوژیک از طریق تولید انواع هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین، اسیدجبرلیک و اسیدایزوجبرلیک باعث افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو گیاهان شده و رشد گیاه را افزایش داده که در نتیجه آن عملکرد نهایی دانه نیز افزایش می‌یابد (Siahmargue et al., 2014). گزارش شده است که باکتری‌های کودهای زیستی از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد شاخص‌های رشدی ارزن را تحت تاثیر قرار داده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه شده است (مرادنژاد حصاری و همکاران، ۱۴۰۱). این فرضیه با توجه به اینکه اکسین موجب تقسیمات سلولی بیشتر و جبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد سلول‌ها و افزایش تجمع مواد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه همراه است (Siahmargue et al., 2014). تلقیح بذرها کودهای زیستی علاوه بر تولید هورمون‌های محرک رشد باعث توسعه سطح فعال سیستم

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۸۱

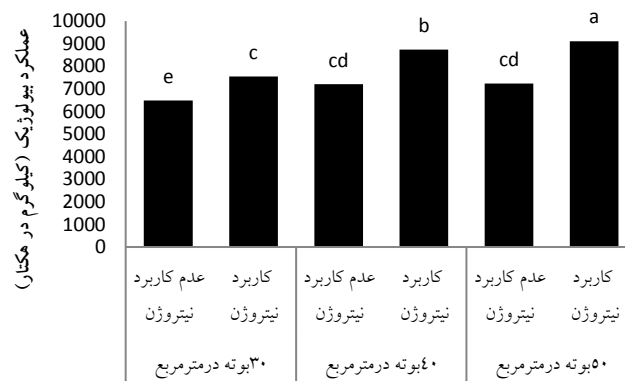
نیز نشان داد افزایش تراکم بوته منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه لوبیا شد (قربانی گیلایه و عاشوری، ۱۳۹۷) و یافته‌های حاصل از این مطالعه با نتایج پژوهش محققان مطابقت داشت. با افزایش فاصله بین بوته‌ها، به دلیل ایجاد فضای بیشتر در اطراف گیاه امکان دریافت نور و در نتیجه فتوسنتز بیشتر فراهم شده و از گیاهانی که به هم نزدیکتر هستند بهتر رشد کردند. در حالی که در این آزمایش با کم شدن فاصله کاشت عملکرد بیولوژیک گیاه افزایش یافته است، می‌توان این طور توجیه نمود که در این آزمایش تراکم بالاتر بوته‌ها این کاهش را جبران کرده است. نیتروژن یکی از عوامل محیطی اساسی در کنترل زیست توده و عملکرد از طریق تأثیر بر شاخص سطح برگ (دریافت تشعشع) و ظرفیت فتوسنتزی به ازاء واحد سطح برگ می‌باشد. میزان تخصیص نیتروژن به برگ باعث افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود. بنابراین جذب دی‌اکسیدکربن و تولید ماده خشک در هر واحد نیتروژن زیاد می‌شود (Kim et al., 2021). افزایش تراکم بوته با افزایش میزان عملکرد بیولوژیک همراه بود. تراکم مطلوب و ایده‌آل بدلیل افزایش ماده خشک و سطح برگ مناسب، سبب افزایش عملکرد زیستی می‌شود (Arasteh and Farnia, 2023). برخی دیگر از محققان بیان داشتند که افزایش فاصله ردیف که منجر به کاهش تراکم بوته گردد میزان زیست توده گیاه لوبیا را کاهش داده است (Mtaita and Mutetwa, 2014). در مطالعه عزیزاده و همکاران (۱۳۹۸) افزایش تراکم بوته با افزایش عملکرد زیستی همراه بود که با نتایج حاصل از این مطالعه در یک راستا بود. با افزایش تراکم عملکرد زیستی تک بوته گندم کاهش می‌یابد؛ اما عملکرد زیستی در واحد

ریشه‌ای و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده که در نهایت شاخص‌های رشدی این گیاه را افزایش داده و در درافزایش عملکرد تأثیر معنی‌داری دارد (Adavi and Baghbani, 2019).

عملکرد بیولوژیک: کاربرد نیتروژن و افزایش تراکم بوته اثر مثبت بر عملکرد بیولوژیک لوبیا داشت به طوری که در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک به میزان ۹۱۱۱ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۶۴۸۳ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی نیتروژن در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع بود (شکل ۴). هر چند کاربرد کود شیمیایی نیتروژن منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک شده است ولی افزایش تراکم بوته تا ۵۰ بوته در مترمربع نیز در سطوح مختلف تیمار کاربرد کود نیتروژن منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. برخی دیگر از مطالعات بیانگر افزایش میزان عملکرد بیولوژیک در گیاه لوبیا در شرایط افزایش تراکم بوته شده است (Patient et al., 2023). کاربرد کود شیمیایی نیتروژن با افزایش رشد رویشی در گیاه لوبیا همراه بوده و با افزایش میزان ارتفاع بوته، میزان مواد اختصاص یافته به رشد رویشی گیاه افزایش یافته و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. کاربرد کود شیمیایی نیتروژن روی میزان عملکرد بیولوژیک در گیاه لوبیا اثر داشته است و منجر به افزایش آن شده است (Patient et al., 2023). در این مطالعه افزایش تراکم بوته با افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه لوبیا همراه بود. میزان عملکردهای بیولوژیک گیاه لوبیا هتئیکه برخی دیگر از مطالعات

زیستی در تراکم بالاتر مربوط به افزایش تعداد بوته در واحد سطح است (Hamzehaye *et al.*, 2015). در تراکم‌های بالا رقابت بین گیاهان هم گونه معمولا منجر به کاهش وزن تک بوته می‌شود، اما در این تراکم‌ها تعداد بوته‌های زیاد این کاهش وزن را جبران و عملکرد زیست توده در واحد سطح با بالا رفتن تراکم افزایش می‌یابد (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۹۰).

سطح افزایش پیدا می‌کند، آنها همچنین افزایش عملکرد زیستی در تراکم بالا را به تعداد بیشتر پنجه بارور در واحد سطح نسبت دادند (Zahed *et al.*, 2022). در مطالعه‌ای دیگر افزایش عملکرد زیستی را در اثر افزایش تراکم بوته به افزایش شاخص سطح برگ و استفاده بهتر از نور خورشید و سایر منابع طی فصل رشد و افزایش فتوسنتز نسبت دادند؛ اما آن‌ها بیان داشتند که اصلترین دلیل افزایش عملکرد



شکل ۴- اثر متقابل تراکم بوته* کود شیمیایی نیتروژن بر وزن عملکرد بیولوژیک لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف

مشابه هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند)

Fig 4- Interaction effect of plant density*nitrogen fertilizer on bean biological yield weight
(Columns with at least one similar letter do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test)

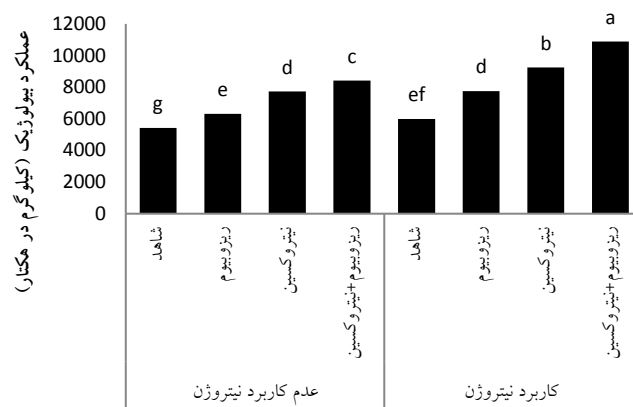
نیتروژن برای گیاه گردد، عملکرد بیولوژیک گیاه را افزایش می‌دهد. در این مطالعه نیز مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی و به خصوص کاربرد هم‌زمان آنها عملکرد بیولوژیک را به میزان بیشتری افزایش یافت. افزایش بیوماس گیاهی با کاربرد کودهای زیستی نتیجه افزایش خصوصیات رشدی از قبیل ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته و همچنین افزایش برخی از اجزای عملکرد دانه از قبیل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه بوده که بر عملکرد دانه اثر مثبت گذاشته و با توجه به اینکه در محاسبه عملکرد بیولوژیک عملکرد دانه نیز

کاربرد هر دو نوع کود سبب شد که میزان عملکرد بیولوژیک نسبت به عدم کاربرد آنها افزایش داشته باشد. براساس این نتایج مشخص شد که تیمار کاربرد توأم ریزوبیوم و نیتروکسین به همراه کاربرد کود شیمیایی نیتروژن سبب شد که بالاترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۱۰۸۷۹ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردد. این در حالی بود که عدم کاربرد هر دو نوع کود زیستی و شیمیایی نیتروژن منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک گردید به طوری که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک به میزان ۵۴۲۷ کیلوگرم در هکتار در این تیمار به دست آمد (شکل ۵). هر عاملی که سبب فراهمی بیشتر

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۸۳

لحاظ می‌گردد در نتیجه تحت این شرایط عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافته است. برخی دیگر از مطالعات بیانگر افزایش میزان عملکرد بیولوژیک با کاربرد کودهای زیستی در برخی از گیاهان از جمله ماش می‌باشد که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد (Fathi *et al.*, 2013). برخی دیگر از

مطالعات بیانگر افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه لوبیا با کاربرد کودهای زیستی بود (صابری و همکاران، ۱۳۹۴). این محققین بیان داشتند که کودهای زیستی از طریق افزایش جذب نیتروژن و فسفر موجب ایجاد شاخ و برگ بیشتر و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه و تولید ماده خشک بیشتر می‌شود.



شکل ۵- اثر متقابل کود شیمیایی نیتروژن*کود زیستی نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک لوبیا (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف

مشابه هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند)

Fig 5 - Interaction effect of chemical nitrogen fertilizer*bionitrogen fertilizer on biological
(Columns with at least one similar letter do not have a statistically significant performance of beans difference at the 5% probability level based on Duncan's test)

شاخص برداشت: بالاترین میزان شاخص برداشت در بین سه تراکم بوته در تراکم بوته ۴۰ بوته در متر مربع (۳۵/۳۶ درصد) حاصل گردید. این در حالی بود که میزان شاخص برداشت در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع کمترین میزان (۲۶/۲۸ درصد) را دار بود و اختلاف بین هر سه تیمار از این نظر با هم معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش شاخص برداشت، نشان‌دهنده توانایی بیشتر گیاه، در انتقال و اختصاص بیشتر مواد پرورده به مقصد یا محل ذخیره مواد فتوسنتزی است و یکی از شاخص‌های مورد استفاده، جهت ارزیابی کارایی تقسیم ماده خشک گیاه زراعی معرفی می‌گردد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۸). در این مطالعه شاخص برداشت تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفت و بالاترین

شاخص برداشت در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع به دست آمد. برخی دیگر از مطالعات روی گیاه لوبیا نشان دادند که شاخص برداشت لوبیا تحت تأثیر تیمار تراکم بوته قرار گرفت و نشان دادند در شرایطی که تراکم بوته از حد استاندارد کمتر و یا بیشتر گردد شاخص برداشت بوته نیز کاهش یافته است (Patient *et al.*, 2023)، که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه بود. علت کاهش شاخص برداشت لوبیا در تراکم بالاتر از حد نرمال افزایش رشد رویشی بوته و اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی گیاه به رشد رویشی عنوان شده است (Patient *et al.*, 2023). با توجه به مفهوم شاخص برداشت، هر عاملی که سبب بیشتر شدن عملکرد دانه نسبت به وزن خشک کل گیاه گردد سبب

فتوستتزی (آسیمیلانت) به دانه‌ها بیشتر شده است زیرا هر چقدر تراکم کاهش پیدا می‌کند تعداد غلاف در مترمربع کمتر شده و سهم بیشتری از مواد فتوستتزی به هر دانه رسیده است. از آن جایی که شاخص برداشت نشان‌دهنده تخصیص مواد فتوستتزی به دانه‌ها می‌باشد لذا باید سعی شود شاخص برداشت را با عملیات به‌زراعی افزایش داد. گرچه شاخص برداشت بزرگتر الزاما عملکرد بیشتر را تضمین نمی‌کند (Hatami et al., 2022). شاخص برداشت بالا در صورتی می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه گردد که عملکرد کل ماده خشک نیز در حدی قابل قبول باشد و در صورت پایین بودن مقدار تولید، وزن بالای دانه به توانایی گیاه در تولید و انتقال مواد فتوستتزی به دانه‌ها و توزیع کلی مواد فتوستتزی در کل گیاه بستگی دارد. همان‌طور که در نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد شاخص برداشت در تیمار کاربرد کود نیتروژن بیشتر بود. به نظر می‌رسد در این شرایط مواد فتوستتزی به نسبت بیشتر از اینکه صرف رشد رویشی و تولید ساقه و بافت‌های ساختمانی شود به اندام‌های زایشی انتقال یافته است (قربانی گیلايه و عاشوری، ۱۳۹۷).

افزایش این شاخص می‌گردد که خود نشان‌دهنده تخصیص مناسب‌تر مواد فتوستتزی و عناصر غذایی به دانه است. در بین تیمارهای کود زیستی نیز مشخص شد که کاربرد هم‌زمان هر دو نوع کود زیستی ریزوبیوم و نیتروکسین سبب شد که بالاترین میزان شاخص برداشت به میزان ۴۴/۰۲ درصد حاصل گردد. همچنین عدم کاربرد هر دو نوع از کودهای زیستی ریزوبیوم و نیتروکسین منجر به حصول کمترین میزان شاخص برداشت به مقدار ۲۲/۵۸ درصد گردید. همچنین نتایج نشان داد کاربرد تنهای نیتروکسین (۳۱/۷۵ درصد) نسبت به کاربرد تنهای ریزوبیوم (۲۵/۵۴ درصد) از نظر صفت شاخص برداشت دارای برتری بود هر چند که اختلاف بین این دو تیمار معنی‌دار نشد (جدول ۳). شاخص برداشت لوبیا معمولا رابطه مثبتی با زیست توده اندام هوایی دارد و عواملی که منجر به افزایش زیست توده گردند در تعیین شاخص برداشت اثر دارند (Chekanai et al., 2018) و در این مطالعه نیز افزایش شاخص برداشت در اثر کاربرد کودهای زیستی به طور هم‌زمان به دلیل افزایش بیوماس هوایی و به خصوص افزایش نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک می‌باشد. در اثر افزایش فاصله کاشت تخصیص مواد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر مکان، تراکم بوته و کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن بر اجزای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز

Table 3- Mean Comparison for effect of location, plant density, and application of chemical and biological nitrogen fertilizers on yield components and seed protein of red bean

تیمارها	تعداد غلاف در بوته	وزن غلاف (گرم)	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد شاخص برداشت (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
مکان آزمایش								
ازنا	۶/۵۱a	۱/۱۳a	۳/۵۴a	۲۴/۷۶a	۲۲۸۵a	۸۰۹۲a	۲۷/۴۸a	۵۳۵a
دورود	۶/۷۳a	۱/۱۴a	۳/۵۸a	۲۴/۵a	۲۳۷۶a	۷۳۴۲b	۳۴/۴۶a	۵۵۲a
تراکم بوته								
۳۰ بوته در متر مربع	۸/۰۷a	۱/۱۵a	۳/۶۰a	۲۴/۹۵a	۲۲۶۶b	۷۰۱۳b	۳۱/۲۶b	۵۰۰c

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۸۵

۵۸۳a	۲۳/۰۶b	۳۵/۳۶a	۷۹۶۷a	۲۵۱۵a	۲۴/۵۳b	۳/۷۱a	۱/۱۶a	۶/۶۰b	۴۰ بوته در متر مربع
۵۴۸b	۲۴/۵۹a	۲۶/۲۸c	۸۱۷۰a	۲۲۱۳b	۲۴/۴۱b	۳/۳۶b	۱/۰۷b	۵/۲۰c	۵۰ بوته در متر مربع
کود نیتروژن استارتر									
۴۸۱b	۲۲/۹۱b	۳۲/۱۹a	۶۹۷۲b	۲۰۹۱b	۲۴/۴۲b	۳/۵b	۱/۱۱b	۶/۰۸b	عدم مصرف کود
۶۰۶a	۲۳/۴۷a	۲۵/۷۵a	۸۴۶۲a	۲۵۷۱a	۲۴/۸۴a	۳/۶۲a	۱/۱۵a	۷/۱۷a	مصرف کود
کود زیستی									
۴۹۰d	۲۲/۸۳d	۲۲/۵۸b	۶۷۰۸d	۲۲۷۶d	۲۳/۳۷d	۲/۷۸d	۰/۹d	۵/۱۵d	شاهد
۵۱۹c	۲۳/۰۳۷c	۲۵/۵۴b	۷۰۳۰c	۲۸۱۳c	۲۳/۹۲c	۳/۰۳c	۰/۹۷c	۶/۴۵c	ریزوبیوم
۶۲۶b	۲۳/۳۵b	۳۱/۷۵b	۸۴۷۸b	۳۱۸۴b	۲۴/۶۶b	۴/۰۱b	۱/۲۴b	۷/۰۳b	نیتروکسین
۸۳۶a	۲۳/۶a	۴۴/۰۲a	۹۶۵۱a	۳۵۵۱a	۲۶/۵۷a	۴/۴۱a	۱/۴۲a	۷/۸۶a	ریزوبیوم+نیتروکسین

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند

Means with at least one similar letter do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test

درصد پروتئین دانه: نتایج نشان داد در دو منطقه ازنا و دورود بالاترین درصد پروتئین دانه به ترتیب به مقادیر ۲۵/۵۶ و ۲۵/۲۳ درصد متعلق به تیمار مصرف کود شیمیایی نیتروژن و مصرف هم‌زمان کودهای نیتروکسین و ریزوبیوم در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و این در حالی بود که در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع و عدم کاربرد هر دو نوع کود شیمیایی و زیستی نیتروژن کمترین درصد پروتئین دانه به ترتیب به مقادیر ۲۱/۴۴ و ۲۱/۲۴ درصد برای دو منطقه ازنا و دورود حاصل گردید. در سطوح مختلف تراکم بوته و همچنین در سطوح مختلف مصرف و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، کاربرد کودهای زیستی نیتروژن منجر به افزایش درصد پروتئین دانه در لوبیا گردید. این در حالی بود که در هر سه تراکم بوته و در سطوح مختلف کاربرد کودهای زیستی نیتروژن مصرف کود شیمیایی نیتروژن منجر به افزایش درصد پروتئین دانه در لوبیا شد (جدول ۲). در این مطالعه افزایش میزان تراکم بوته لوبیا با افزایش درصد پروتئین دانه همراه بود. افزایش تراکم بوته با افزایش رشد رویشی همراه بوده و مواد غذایی کمتری به دانه‌ها اختصاص داده می‌شود و در نتیجه آن گیاه با کاهش طول دوره پر

شدن دانه نیز مواجه خواهد شد. در زمان پر شدن دانه نیز به دلیل اینکه مواد پروتئینی زودتر از مواد نشاسته‌ای در دانه تجمع می‌یابند، در نتیجه قبل از اینکه ورود مواد غذایی قندی در دانه تکمیل گردد فاز پر شدن دانه به اتمام رسیده و گیاه با محتوای پروتئینی بیشتری سیکل پر شدن را تمام کرده و در نتیجه آن درصد پروتئین دانه نیز افزایش می‌یابد (McDwonald *et al.*, 2007). مشابه این وضعیت در شرایط پر شدن دانه در وضعیت دیم نیز مشاهده می‌گردد که در نهایت دانه تکمیل شده در شرایط دیم با درصد پروتئین بیشتری در دانه مواجه خواهد شد. در مطالعه مرادنژاد حصاری و همکاران (۱۴۰۱) نیز بیان شده است که تراکم بوته روی درصد پروتئین دانه اثر داشته است. در برخی دیگر از مطالعات نیز به اثر تراکم بوته در درصد پروتئین بذر اشاره شده است (حیدرزاده و همکاران، ۱۳۹۹). از طرفی کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم نیز به دلیل فراهمی مواد غذایی و نیتروژن بیشتر برای گیاه و در نتیجه آن سنتز بیشتر پروتئین در گیاه درصد پروتئین دانه را نسبت به تیمار عدم کاربرد آن افزایش داده است. از طرفی کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم این اثر را بیشتر کرده و

یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. آنها همچنین بیان داشتند که نیتروژن عنصر اصلی تشکیل دهنده ساختمان پروتئین است و احتمالاً با تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط باکتری‌های محرک رشد و انتقال آن به دانه، درصد پروتئین دانه افزایش یافته است. برخی دیگر از محققین بیان کردند که نیتروکسین می‌تواند با فراهم سازی ترکیبات، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری متقابل با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه مثل پروتئین نقش داشته باشد (Omid et al., 2019). محققین دیگری نیز عنوان داشتند با توجه به اینکه ازتوباکتر و آزوسپیریوم باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هستند و این عنصر ماده اولیه تشکیل دهنده پروتئین است، احتمالاً یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین با کاربرد باکتری‌های آزوسپیریوم و ازتوباکتر، تثبیت نیتروژن توسط این باکتری‌ها می‌باشد (Bohrani et al., 2024). در این زمینه بیان شده است که کودهای بیولوژیک از طریق تولید انواع هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین، اسیدجیرلیک و اسیدایزوجیرلیک باعث افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو گیاهان شده که در نتیجه آن میزان سنتز و تجمع موادی از قبیل پروتئین‌ها در گیاهان نیز افزایش می‌یابد (Siahmargue et al, 2014).

عملکرد پروتئین دانه: در شهرستان ازنا بالاترین میزان عملکرد پروتئین به میزان ۸۴۲ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع به همراه کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و کاربرد هم‌زمان نیتروکسین و

در نتیجه آن درصد پروتئین دانه به میزان بیشتری افزایش یافته است. بدیهی است که کاربرد کودهای زیستی به همراه کود شیمیایی نیتروژن درصد پروتئین دانه را به دلایل ذکر شده به میزان بیشتری افزایش داده است. در مطالعه صابری و همکاران (۱۳۹۴) نیز مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش درصد پروتئین در دانه لوبیا شد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. به دلیل افزایش سطح جذب مواد غذایی در تیمارهایی که کود زیستی در آنها استفاده شده است میزان پروتئین افزایش می‌یابد (مراد نژاد حصاری و همکاران، ۱۴۰۱). دهمرده و همکاران (۱۳۹۷) نیز عنوان داشتند که کاربرد کودهای زیستی درصد پروتئین دانه لوبیا را تا حدود ۲۲ درصد افزایش دادند که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. از طرفی تحقیقات روی برخی دیگر از گیاهان خانواده لگوم مانند یونجه نشان داد که کاربرد برخی از کودهای زیستی مانند فسفات بارور ۲ توانست درصد پروتئین دانه یونجه را افزایش دهد (Afrasiabi et al., 2021). افزایش درصد پروتئین دانه با کاربرد کودهای زیستی در نخود برخی دیگر از مطالعات گزارش شده است (El-shykh and Hadi, 2019). کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به دلیل تأمین پیش‌ماده سنتز پروتئین در گیاه سبب شد که میزان پروتئین بیشتری در دانه تشکیل شده و در نتیجه کاربرد این کود نسبت به عدم کاربرد آن میزان پروتئین دانه لوبیا را به میزان بیشتری افزایش داد. در مطالعه لطفی و همکاران (۱۳۹۷) روی گیاه لوبیا مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن منجر به افزایش درصد پروتئین دانه لوبیا شده است که با

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۸۷

نتیجه عملکرد نهایی پروتئین دانه اثرگذار می‌باشد. با افزایش تراکم کیفیت نور دریافتی تغییر می‌کند به طوری که نور قرمز توسط برگ‌های بالایی کانوپی جذب می‌شود و نور قرمز دور در پایین سایه انداز افزایش می‌یابد افزایش نسبت نور قرمز دور به قرمز موجب کاهش تنفس گیاهی و اختصاص آسیمیلاتهای بیشتری به بخشهای فوقانی سایه انداز ساقه اصلی می‌شود و در نتیجه روی میزان سنتز و تجمع پروتئین اثرگذار می‌باشد (Ghafari, 2019). کودهای زیستی با افزایش جذب مواد غذایی به خصوص نیتروژن و انتقال آنها به دانه زمینه را برای افزایش سنتز پروتئین‌ها فراهم نموده است و درصد پروتئین دانه را افزایش داده است و در نتیجه عملکرد پروتئین نیز با کاربرد آنها افزایش یافته است. از طرفی افزایش عملکرد دانه با کاربرد کودهای زیستی نیز از مهم‌ترین دلایل افزایش عملکرد پروتئین دانه می‌باشد. افزایش درصد و عملکرد پروتئین دانه با فراهمی موادی از قبیل نیتروژن در نخود گزارش شده است (شعبان، ۱۳۹۰) که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. همچنین مومنی (۱۳۹۰) در مطالعه خود عنوان داشت در شرایط تنش خشکی عملکرد پروتئین دانه کاهش یافته است و با فراهمی شرایط تغذیه مطلوب برای این گیاه عملکرد پروتئین دانه افزایش یافت. در نخود افزایش عملکرد پروتئین در برخی دیگر از مطالعات گزارش شده است (El-shykh and Hadi, 2019) که یافته‌های حاصل از مطالعه با نتایج محققین مطابقت داشت.

ریزوبیوم حاصل گردید. همچنین در این شهرستان کمترین میزان عملکرد پروتئین دانه به مقدار ۳۵۵ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع و عدم کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن حاصل شد. در شهرستان دورود نیز کمترین میزان عملکرد پروتئین در تیمار شاهد و در سطح تراکم ۳۰ بوته در مترمربع حاصل شد (۳۸۱ کیلوگرم در هکتار). این در حالی بود که در این شهرستان بالاترین میزان عملکرد پروتئین به مقدار ۸۷۷ کیلوگرم در هکتار با کاربرد نیتروژن شیمیایی و کاربرد هم‌زمان نیتروکسین و ریزوبیوم و تراکم ۳۰ بوته در متر مربع به دست آمد (جدول ۲). عملکرد پروتئین تابع عملکرد نهایی دانه و درصد پروتئین دانه بوده و هر عاملی که منجر به بهبود این دو گردد میزان عملکرد پروتئین دانه را نیز افزایش خواهد داد. در این مطالعه نیز تیماری که منجر به افزایش درصد پروتئین دانه شده است، عملکرد پروتئین دانه را نیز افزایش داده است. تراکم ۵۰ بوته در متر مربع هر چند که منجر به حصول بالاترین میزان عملکرد دانه در بوته نشده است ولی نتایج نشان داد که کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و ریزوبیوم و همچنین کاربرد کود شیمیایی نیتروژن سبب شد که بالاترین میزان عملکرد دانه حاصل گردد. در نتیجه افزایش میزان عملکرد دانه با کاربرد این کودها و همچنین افزایش درصد پروتئین دانه با کاربرد این کودها و در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع سبب شد که بالاترین میزان عملکرد پروتئین نیز در گیاه لوبیا حاصل گردد. در مطالعه مرادنژاد حصاری و همکاران (۱۴۰۱) نیز بیان شده که تراکم بوته روی درصد پروتئین و در

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار کاربرد همزمان دو کود زیستی نیتروکسن و ریزوبیوم به همراه کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بود. در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن بالاترین عملکرد بیولوژیک بدست آمد. بالاترین میزان پروتئین در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع به همراه کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و کاربرد همزمان نیتروکسن و ریزوبیوم حاصل گردید. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که برای دستیابی به بالاترین میزان عملکرد دانه لوبیا در دو منطقه دورود و بروجرد می توان تیمار کاربرد همزمان دو کود زیستی نیتروکسن و ریزوبیوم به همراه کود شیمیایی نیتروژن و در تراکم ۴۰ بوته را توصیه نمود.

منابع

- (۱) احمدزاده قویدل، ر.، اسدی، ق.، ناصری پویزدی، م. ت.، قربانی، ر. و س.، خرم دل. ۱۳۹۷. بررسی اثر تراکم کاشت و میزان مصرف کود دامی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیای قرمز. پژوهش های حبوبات ایران، ۹(۱): ۱۲-۲۸.
- (۲) برده جی، س.، عشقی زاده، ح. ر. و م.، زاهدی. ۱۳۹۹. بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک شش رقم جو. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۹: ۱-۱۴.
- (۳) چاوشی، س.، نورمحمدی، ق.، مدنی، ح.، حیدری شریف آباد، ح. و م.، علوی فاضل. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر کاربرد کودهای زیستی محرک رشد گیاه بر صفات زراعی و ویژگی های فیزیولوژیکی

ژنوتیپ های لوبیا قرمز. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۱(۴۱): ۶۳-۷۹.

(۴) حسین پور، م.، پیرزاد، ع.، حبیبی، ح. و م. ح.، فتوکیان. ۱۳۹۰. تاثیر کود بیولوژیک نیتروژن دار (آزتوباکتر) و تراکم بوته بر عملکرد و میزان اسانس آنیسون، ۲(۲۱): ۶۹-۸۶.

(۵) حیدرزاده، م.، احتشامی، س. م. ر. و م.، ربیعی. ۱۳۹۹. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد گوارد استان گیلان. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۹(۳۹): ۱۹۷-۲۱۴.

(۶) دهمرده، م.، میربهاالدین، م. و ع.، خمری. ۱۳۹۷. اثر کاربرد کودهای زیستی بر ویژگی های کمی و کیفی لوبیای چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی، ۱۱: ۳۳-۲۳.

(۷) رهی، ع. ۱۳۹۵. تاثیر کودهای زیستی سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ریحان. علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۲۵: ۱۳۷-۱۲۵.

(۸) شعبان، م. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و کاربرد کود نیتروژن بر رشد، عملکرد و پروتئین های ذخیره ای نخود در منطقه کرمانشاه. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه رازی کرمانشاه. ۱۲۲ صفحه.

(۹) صابری، ح.، محسن آبادی، غ.، مجیدیان، م. و س. م. ر.، احتشامی. ۱۳۹۴. کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد

اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر اجرای عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز در تراکم‌های مختلف بوته ۸۹

- لویدادر شرایط آب و هوایی شهرستان رشت. نشریه پژوهشهای حبوبات ایران، ۶(۱): ۲۱-۳۱.
- ۱۰) صانعی، س.، گلدانی، م. و م.، پارسا. ۱۳۹۷. تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات ریشه و اندام هوایی دو رقم لوبیاچیتی. پژوهشهای حبوبات ایران، ۹: ۲۱۹-۲۰۴.
- ۱۱) علیزاده، ف.، زعفریان، ف.، ترابی، ب. و ر.، عباسی. ۱۳۹۸. اثر تراکم بوته بر مراحل فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کلز. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۱۲(۳): ۱۲۱-۱۳۸.
- ۱۲) قربانی گیلایه، ح. و م.، عاشوری. ۱۳۹۷. تأثیر تراکم کاشت و سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در شهرستان رودسر. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۱۱(۱): ۷۳-۸۴.
- ۱۳) لطفی، ب.، فتوحی، ف.، سیادت، س. ع. و م.، صادقی. ۱۳۹۷. اثر کود شیمیایی نیتروژن و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و درصد پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی. نشریه علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱(۴۵): ۱۲۳-۱۳۸.
- ۱۴) مرادنژاد حصاری، و.، صدرآبادی حقیقی، ع.، باقرزاده چهارجویی، ر. و م.، قاسمی. ۱۴۰۱. بررسی اثرات تراکم بوته و کود بیولوژیک بر خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام تجاری سه گونه ارزن. نشریه پژوهش های کاربردی زراعی، ۳۵(۱): ۷۲-۸۷.
- ۱۵) مومنی، ف. ۱۳۹۰. اثرات کاربرد کود روی و تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در منطقه کرمانشاه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی کرمانشاه، ۱۲۳ صفحه.
- ۱۶) یزدی صمدی، ب. و ک.، پوستینی. ۱۳۷۶. اصول تولید گیاهان زراعی، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- 17) Adavi, Z. and A, Baghbani Arani. 2019. Effect of biofertilizer application on yield and yield components of common millet (*Panicum miliacum* L.) and fox tail (*setaria italica* L.) cultivars under water stress. *Iranian Agricultural sciences*, 5(4): 13 – 25.
- 18) Afrasiabi, M., Amini dehaighi, M. and S.A.M, Modarres Sanavy. 2021. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata*. *Journal of Agronomy Science*, 4: 43-54.
- 19) Arasteh, E., and A, Farnia. 2023. Investigation the effect of drought tension and plant density on quality and quantity characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars in Lorestan climate conditions. *Crop Physiology*, 5: 19. 99-111.
- 20) Asemanrafat, M. and T, Honar. 2017. Effect of plant density and different irrigation strategies on crop yield and canopy cover of red beans, *Phaseolus vulgaris* L. cv. Akhtar. *Iran Agricultural Research*, 36: 13-22.
- 21) Azzaz, N.A., Hassan, E.A. and E.H, Hamed. 2019. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied sciences*, 3(2): 579-587.
- 22) Bagheri, M. and A.R, Safahani. 2020. Evaluation of sowing date and plant density on quantitative and characteristics of two canola cultivars. *Plant Production Science*, 2(4): 23-35.
- 23) Bohrani, A., Hussaini, S. Memar, S. and Z, Tahmasbi Sarvestani. 2024. Examine the impact of bacteria *Azospirillum* and *Azotobacter*, along with the microelement consumption as spray in the soil, and the use of quantitative and qualitative characteristics 5 varieties after growing wheat, maize Fars province. *Agricultural Sciences*, 38: 376 - 367.
- 24) Chaturvedi, I. 2005. Effect of nitrogen fertilizers on growth, yield and quality of hybrid rice (*Oryza sativa*). *Journal of*

- 32) Hamzehaye, J., Seyedi, M. and M, Babaei. 2015. Effect of density and nitrogen on seed quantity and quality of winter rapeseed in Hamedan conditions. *Crop Production*, 8: 1. 143-159.
- 33) Hatami, H. 2022. Effects of planting date, plant spacing and nitrogen fertilizer on growth, yield and yield components of rice, Tarom mutant lines. Thesis Submitted for the Degree of M.Sc. Islamic Azad University Karaj. 104p
- 34) Hussein, A., Benmoussa, M. and M, Abbad. 2018. Effect of population density and dose of nitrogen and potassium fertilizers on performance of green bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Fund Applled Sciwnce*, 10 (1): 46–58.
- 35) Kim, Y.D., Spark, M., Rha, I.S. and J.S, Chol. 2021. Studies on the productivity of forage sorghum and different cultural stage on regrowth, yield and nutritional value of sorghum Sudan grass hybrid. *Herbal Abst*, 61: 165–165.
- 36) Matinfar, M., Mahjoor, M., Shirani Rad, A.H. and R, Mahmmadi. 2023. Effect of Plant Density on Yield and Yield Seed Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars. *Crop. Ecophysiology Journal*, 6: 4. 405-414.
- 37) Merga, J. 2020. Evaluation of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) to different row-spacing in Jimma, South Western Ethiopia, *Heliyon*, 6 (8): e04822.
- 38) Mtaita, T. and Mutetwa, M. 2014. Effects of plant density and planting arrangement in green bean seed production. *International Journal of Agriculture Innovance Research*, 2(4): 152-157.
- 39) Nandini, K. M., Sridhara, S., Shivanand, P. and K, Kumar. 2017. Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5: 320 -328.
- 40) Nava, M. 2023. Effect of planting date and nitrogen fertilizer on yield and yield components of bean. Thesis Submitted for the Degree of M.Sc. Islamic Azad University Lahijan. 87p.
- Central European Agriculture, 6(4): 611-618.
- 25) Chekanai, V., Chikowo, B. and B, Vanlauwe. 2018. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across variable soils in Zimbabwe, *Agric. Ecosystem and Environment*, 266: 167–173.
- 26) Chuma, G., Mulalisi, J. Mondo, A. Ndeko, F. Safina, E. Bagula, G. Mushagalusa, R. and R, Civava. 2022. Di-ammonium phosphate (DAP) and plant density improve grain yield, nodulation capacity, and profitability of peas (*Pisum sativum* L.) on ferralsols in eastern D.R. Congo, *CABI Agriculture Bioscience*, 3 (65): 1–18.
- 27) Darzi-Ramandi, H., Najafi-Zarini, H., Razavi, K. and S, Kazemitabar. 2016. Screening iranian bread wheat lines under different water regimes using yield based drought tolerance indices. *SABRAO Journal of Breeding & Genetics*, 1: 48(4).
- 28) Ejigu, G. and S, Tulu. 2021. Effect of NPS fertilizer rate and intra row spacing on growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Metu, South western Ethiopia. *International Journal of Agriculture Innovance Research*, 10 (2): 47–70.
- 29) El-sheykh, M.S.A., and B.B, Hadi. 2019. Physiological response of two soybean cultivars grown under stress conditions as affected by CCC treatment. *Egyption Journal of Physiological Science*, 18(1): 179-200.
- 30) Fathi, Z., Pezesh Poor, P. and M, Sarajoghi. 2013. Effect of fertilizers Nitroxin, Biosulphate and different levels of Sulphate on biomass and biological characteristics of green mung. *The First National Conference on Planning, Conservation, Environmental Protection and Sustainable Development*. 20 Feb.
- 31) Ghafari, M., Moosavi, S.G.H., Seghatoleslami, M.J. and H, Javadi. 2019. Response of crop yields and agronomic traits of five grain millet cultivars planting date. *Jornal of Ecophysiology of crops*, 13(1):121-138.

- 49) Vahidi, H., Mahmoudi, S., Parsa, S. and H, Fallahi. 2020. Evaluation of yield and indices of mixed cultivation of millet and quinoa under the influence of planting density and rations in Birjand region. *Agricultural Ecology Quarterly*, 13(3):471-488.
- 50) Zahed, M., Galeshi, S., Latifi, N., Soltani, A. and M, Calate. 2022. The effect of plant density on seed yield and yield components in modern and old wheat cultivars. *Crop Production*, 4: 1. 201-215.
- 51) Zamukulu, Patient M., Bagula, Espoir M., Mondo, Jean M., Chuma, G'éant B., Safina, Francine B., Cishesa, Thierry H., Kavange, Anicet B., Masumbuko, Dieumerci R., Kazadi, Josu'e W., Gustave Mushagalusa, N. and K, Lubobo. 2023. Optimization of plant density and fertilizer application to improve biofortified common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield on Nitisols of South-Kivu, Eastern D.R. Congo. *Heliyon*, 9: e17293.
- 41) Noori, SH., Kashani, A., Nabipour, M. and R, Mamghani. 2023. Effect of nitrogen fertilizer application on yield and yield components of faba bean cultivars in Ahvaz climatic conditions. Proceeding of the 1st Iranian Pulses Symposium. Nov. Ferdowsi University of Mashhad. Pp: 419-422.
- 42) Omid, H., H.A. Naghdibadi, H. Golzad, H. Turabi, and M.H. Ftokian. 2019. The chemical and biological nitrogen fertilizers impact on the performance of the qualitative and quantitative saffron *Crocus sativus* L. *Medicinal Plants*, 2(30): 109 -98.
- 43) Rao, K.S., Moorthy, B.T.S., Dash, A.B. and S.B, Lodh. 2016. Effect of time of transplanting on grain yield and quality traits of Basmati- Type seented rice (*Oriza sativa*) Varieties in Coastal Orissa. *Indian Journal of Agriculture Science*, 66(6): 333-337.
- 44) Siahmargue, A., Rasi Serai, M.R. and M.Y, Naseri. 2014. Effect of biological fertilizers on some forage quantity traits in millet (*pennisetum glaucum* (L.) R.Br.). *Journal of Iranian plant of Eco-physiology Researches*, 9(2) : 72 – 81.
- 45) Soratto, R., Catuchi, E. De Souza, J. and J, Garcia. 2017. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield, *Rev. Caatinga*, 30 (3): 670–678.
- 46) Torabi Jefroodi, A., Fayaz Moghadam, A. and A, Hasanzadeh Ghoort Tapeh. 2005. An investigation of the effect of plant population density on yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36: 639-646.
- 47) Torbatinejad, N.M., Chaichi, M.R. and S, Sharifi. 2022. Effect of nitrogen level on yield and yield components of three forage sorgohum cultivars in Gorgan. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources*, 9(2): 205-220.
- 48) Upenji, R., Umirambe, E., Lobo, E., Abineno, E., Zamukulu, P., Mushagalusa P. and D, Katunga. 2020. Improve common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield through cattle manure in Nioka region, Ituri Province, DRC, *Open Access Library*, 7 (e6610):1–9.



The effect of biological and chemical fertilizers on the performance of red bean seed yield and protein at different plant densities in the climatic conditions of Lorestan Province

Mamak Khorramabadi¹, Amin Farnia (Corresponding author)^{2*} and Shahram Nakhjavan³

1- M.SC, Department of Agriculture, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran,
Mamakhorram@gmail.com

2-Assistant Professor, Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran,
aminfarnia@gmail.com

3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran,
shahramnakhjavan@gmail.com

Received: May 2025 Accepted: July 2025

Abstract

Introduction: The common bean, scientifically known as *Phaseolus vulgaris* L., holds high nutritional value due to its rich content of protein and beneficial amino acids. Globally, it ranks first among legumes in terms of cultivated area. Increasing yield per unit area requires implementing agricultural management practices such as using healthy and high-quality seeds, employing agricultural mechanization systems, applying chemical pesticides and fertilizers, and adopting other improved cultivation methods.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate the effect of chemical and biological nitrogen fertilizer application and plant density on agronomic characteristics and protein content of red bean. The experiment was conducted as a split-split plot in a randomized complete block design with four replications. In the main plots, plant density treatment (30, 40 and 50 plants.m⁻²), in both subplots, nitrogen fertilizer (120 and 144 kg.ha⁻¹) and biological fertilizer (control, rhizobium, nitroxin and a mixture of these two fertilizers) were placed, respectively.

Results and Discussion: The results showed that the components of grain yield were affected by different experimental treatments, so that the highest grain yield in the treatment of simultaneous application of two biofertilizers, Nitroxen and Rhizobium, along with nitrogen chemical fertilizer and at a density of 40 plants.m⁻². At a density of 50 plants.m⁻² and application of nitrogen chemical fertilizer, the highest biological yield, was obtained. The amount of grain protein was also affected by the experimental treatments and the highest amount of protein was at a density of 50 plants.m⁻² with the application of nitrogen chemical fertilizer and the simultaneous application of Nitroxen and Rhizobium.

Conclusion: Based on the results of this study, it was determined that in order to achieve the highest bean grain yield in the two regions of Dorud and Borujerd, the treatment of simultaneous application of two biofertilizers, Nitroxen and Rhizobium, along with nitrogen chemical fertilizer and at a density of 40 plants can be recommended.

Keywords: Beans, Grain yield, Nitrogen, Plant density