به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹
صفحه‌های ٤٦٠-٤٤٥

اثر نیتروژن استارتر، متانول و کودهای زیستی بر عملکرد، گره‌زایی و طول دوره پرشدن عدس‌دیم

رئوف سید شریفی[۱*]، رضا سید شریفی[۳]
۱. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن استارتر، کاربرد متانول و کودهای زیستی بر گره‌زایی، طول دوره پرشدن و عملکرد عدس *Lens culinaris* L. تحت شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای در اردبیل در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. عامل‌های مورد بررسی شامل نیتروژن استارتر در سه سطح (بدون نیتروژن، کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم استفاده، کاربرد ریزوبیوم لگومینوزاروم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم ریزوبیوم لگومینوزاروم با میکوریز) و کاربرد متانول در سه سطح (محلول‌پاشی با آب، کاربرد متانول ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی) بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین تعداد و وزن گره در بوته (به‌ترتیب۱۲/۷۲ عدد و ۱۱/۵۹ میلی‌گرم در بوته)، سرعت پرشدن دانه (۱/٤٥ میلی‌گرم در روز)، طول دوره و دوره مؤثر پرشدن دانه (به‌ترتیب ۳۵/۱۷ و ۲۹/۹۱ روز)، تعداد نیام در بوته (۳٤/٤۳) و عملکرد دانه (۱۵۳۰ کیلوگرم در هکتار) در کاربرد توأم ریزوبیوم لگومینوزاروم با میکوریز، محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر در هکتار به‌دست آمد. تعداد گره، سرعت پرشدن دانه، دوره مؤثر پرشدن دانه و عملکرد دانه به‌ترتیب از افزایش ۲۱۰، ۲۵/٦٤، ٤٥/۷٦ و ۱۰۳ درصدی در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی، نیتروژن و عدم محلول‌پاشی با متانول برخوردار بود. براساس نتایج این بررسی کاربرد توأم کودهای زیستی (میکوریز و ریزوبیوم) و محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول با ۵۰ کیلوگرم نیتروژن استارتر در هکتار، می‌تواند در بهبود عملکرد عدس تحت شرایط دیم پیشنهاد شود.

کلیدواژه‌ها: اوره، شرایط دیم، ریزوبیوم لگومینوزاروم، کودهای بیولوژیک، میکوریزا.

Effects of Starter Nitrogen, Methanol and Bio Fertilizers Application on Yield, Nodulation and Grain Filling Period of Rainfed Lentil

Raouf Seyed Sharifi[1*], Reza Seyed Sharifi[2]
1. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Received: November 26, 2019 Accepted: January 22, 2020

Abstract

In order to study the effects of various rates of starter nitrogen, methanol, and bio fertilizers on nodulation, grain filling period, and yield of lentil (*Lens culinaris* L.) under rainfed condition, an experiment has been carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications under field condition in Ardabil in 2018-2019. The factors include starter nitrogen in three levels (no nitrogen and N application of 25 and 50 kg/ha) by urea, bio fertilizers in four levels (without bio fertilizers, application of *Rhizobium legominosarum*, mycorrhiza and both application of mycorrhiza with *Rhizobium legominosarum*), application of methanol at three levels (foliar application with water and methanol applications of 15 and 30 volume percent). Means comparision show that the maximum number and weight of nodules per plant (12.72 and 11.59 mg per plant, respectively), grain filling rate (1.45 mg/day), grain filling period and effective grain filling period (35.17 and 29.91 days, respectively), number of pod per plant (34.43), and grain yield (1530 kg/ha) have been obtained at both applications of mycorrhiza with *Rhizobium legominosarum*, foliar application of 30 volume percent of methanol, and 50 kg/ha of starter nitrogen. The treatments display an increase of about 210%, 25.64%, 45.76%, and 103% in the number of nodules per plant, grain filling rate, effective grain filling period, and grain yield, respectively, in comparison with the control (no application of nitrogen, methanol, and bio fertilizers). Based on the results from this study, both applications of bio fertilizers (mycorrhiza with *Rhizobium legominosarum)* and foliar application of 30 volume percent of methanol with 50 kg/ha starter nitrogen are recommended to improve grain yield of lentil under rainfed condition.

Keywords: Biofertilizers, mycorrhiza, *rhizobium legominosarum*, rainfed condition, urea.

* نویسنده مسئول Email: raouf_ssharifi@uma.ac.ir

۱. مقدمه

عدس با دارا بودن درصد بالای پروتئین با قابلیت هضم و ارزش بیولوژیکی بالا، توانایی تثبیت زیستی نیتروژن، غنی‌بودن از عناصر غذایی معدنی، کاهش شیوع علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات در تناوب با دیگر گیاهان زراعی، از اهمیت خاصی در بین حبوبات برخوردار است (Saker & Kumar, 2011). کشت دیم عدس در خاک‌های فقیر و دچار کمبود عناصر غذایی به‌خصوص کمبود نیتروژن، بیش از هر عامل دیگری محدودکننده رشد این گیاه محسوب می‌شود (Kaneez *et al.*, 2013).

تثبیت بیولوژیک نیتروژن به‌وسیله لگوم‌ها، گرچه به‌عنوان یک صفت مهم در تأمین بخشی از نیاز نیتروژنی گیاه تلقی می‌شود، به‌طوری‌که، میانگین مقدار نیتروژن تثبیت‌شده عدس در هر فصل زراعی تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (Peoples *et al.*, 2001)، ولی مصرف مقادیر مناسبی از کود نیتروژن نقش مهمی در تثبیت زیستی نیتروژن در لگوم‌ها دارد (Sepetoglu, 2002). از طرفی کاشت در خاک‌های با ماده آلی و نیتروژن کم، ممکن است پاسخگوی نیاز گیاه به نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله باکتری نباشد. در چنین شرایطی مصرف کود نیتروژن استارتر به مقدار مناسب، موجب بهبود فرایند توسعه ریشه، تشکیل گره و فعالیت بالای باکتری‌های جنس ریزوبیوم در گیاه میزبان خواهد شد (Namvar *et al.*, 2011). در این راستا Walley *et al.* (2005) در بررسی تأثیر مقادیر نیتروژن استارتر (صفر، ۱۵، ۳۰ و ٤٥ کیلوگرم در هکتار) در نخود اظهار داشتند که نیتروژن در مقادیر کم (تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار)، تأثیر مثبتی بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دارد، ولی در مقادیر بالاتر اثر بازدارندگی دارد. در بررسی دیگری با چهار سطح نیتروژن (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در باقلا، پژوهش‌گران دریافتند که با افزایش میزان نیتروژن تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار، صفاتی مانند عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد نیام در بوته افزایش یافت (Noori *et al.*, 2005). در مطالعه کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن (صفر، ۲۵،۵۰ و ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار) به‌عنوان نیتروژن استارتر در تلقیح بذر سویا با ریزوبیوم و باکتری‌های محرک رشد، بالاترین تعداد و وزن گره‌ها، سرعت و طول دوره پرشدن دانه را در کاربرد مقادیر بالای نیتروژن و تلقیح بذر با ریزوبیوم گزارش شد (Abtahi *et al.*, 2014).

برای افزایش کارایی تثبیت بیولوژیک، تلقیح بذر با باکتری‌های ریزوبیومی لازم است. این باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها ممکن است در خاک پایین باشد، ازاین رو تلقیح بذر گیاهان با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و منجر به بروز اثر مفید آن‌ها در خاک گردند (Seyed Sharifi & Namvar, 2016). برخی معتقدند افزایش رشد و عملکرد تحت تأثیر تلقیح با باکتری ریزوبیوم می‌تواند منجر به افزایش بازده استفاده از نیتروژن به دلیل تأمین آن در طی دوره رشد گیاه باشد (Rudresh *et al.*, 2005). در یک بررسی تلقیح بذر سویا با ریزوبیوم به افزایش تعداد نیام در بوته، تعداد و وزن گره در بوته نسبت به تیمارهای تلقیح نشده منجر گردید (Seyed Sharifi, 2016). میکوریزها نیز از مهمترین کودهای زیستی هستند که همزیستی ریشه گیاهان با آن می‌تواند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای موجب توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه و محتوای کلروفیل برگ‌ها شود (Kheirizadeh Arough *et al.*, 2015). افزایش محتوای کلروفیل در طول دوره رشد به‌خصوص دوره پرشدن دانه با افزایش سرعت و میزان مواد فتوسنتزی در اندام‌های فتوسنتزکننده و افزایش وزن دانه (Murchie *et al.*, 2002)، موجب افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه می‌شود (Tsuno *et al.*, 1994)، از طرفی طولانی‌بودن دوره پرشدن دانه، امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Kheirizadeh Arough *et al.*, 2015).

یکی دیگر از راه‌کارهای مؤثر در افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و بهبود عملکرد به‌خصوص در گیاهان با مسیر فتوسنتزی C_3، استفاده از ترکیباتی مانند متانول است (Ramberg *et al.*, 2002). این ماده به سهولت برای گیاهان قابل‌جذب بوده و با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن حاصل از اکسیداسیون سریع متانول در بافت‌های فتوسنتزکننده، موجب افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو و کاهش تنفس نوری شده و به‌تبع از آن سرعت فتوسنتز و وزن دانه افزایش می‌یابد (Gout *et al.*, 2000). برخی پژوهش‌گران بخشی از افزایش عملکرد دانه در کاربرد متانول را به بهبود مؤلفه‌های پرشدن دانه نسبت دادند (Seyed Sharifi & Seyed Sharifi, 2019). در یک بررسی افزایش تعداد نیام در بوته، محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید سویا با کاربرد ۲۰ درصد حجمی متانول گزارش شد (Dawood *et al.*, 2013).

عملکرد عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور تحت شرایط دیم، به دلایل مختلفی از جمله کمبود مواد آلی در خاک و ناکافی بودن نزولات، پایین است. در این راستا کاربرد نیتروژن به‌منظور جبران بخشی از کمبود مواد آلی خاک و استفاده از کودهای زیستی و متانول (Hadi *et al.*, 2015) به دلیل تعدیل شرایط نامساعد محیطی ناشی از زراعت دیم، می‌توانند از مهمترین روش‌ها در بهبود عملکرد این گیاه محسوب شوند. از این‌رو، به‌دلیل بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهمکنش توأم تأثیر نیتروژن استارتر، کاربرد متانول و کودهای زیستی بر عملکرد این گیاه، موجب شد تا تأثیر این عوامل بر گره‌زایی، سرعت و طول دوره پرشدن دانه عدس تحت شرایط دیم مورد بررسی قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای در اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کاربرد متانول در سه سطح (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی)، کودهای زیستی در چهار سطح (عدم استفاده به‌عنوان شاهد، کاربرد ریزوبیوم، میکوریز، کاربرد توأم ریزوبیوم با میکوریز) و سه سطح نیتروژن استارتر (عدم استفاده به‌عنوان شاهد، کاربرد ۲۵ و۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) بود. کاشت در مزرعه‌ای انجام شد که سال قبل در آیش بوده و دو سال قبل از آن، به کشت گندم و جو اختصاص داده شده بود. نتایج حاصل از تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول (۱) و شرایط اقلیمی منطقه مورد کشت در جدول (۲) آورده شده است.

کاشت در هفدهم فروردین‌ماه به‌صورت دستی در عمق ۳-۲ سانتی‌متری اقدام شد.

جدول ۱. تجزیه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک نمونه‌برداری	کربنات کلسیم	pH	درصد اشباع	رس	لوم	شن	بافت	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	کلسیم
صفر تا ۳۰	(%)			(%)					(%)	mg/kg	
(cm)	۱۶/۸	۷/۳	۴۷	۵/۵	۶۸	۲۶	سیلتی لومی	۰/۲۲	۰/۰۳	۱۳/۷	۳۱۲

جدول ۲. مشخصات جوی در طول دوره رشدی عدس در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

ماه‌های سال / پارامترهای اقلیمی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارندگی (mm)	٤٠	۲۹/٥	۱۳	۰/۱
میانگین دما (°C)	۸	۱۲/٤	۱۷/٦	۱۸/۸
جمع ساعات آفتابی	۱٦۳	۲٥۸/۱	۲۸۷/۷	۳۳٦
متوسط رطوبت نسبی (٪)	۷۳	٦۳	٥۸	٦۲

هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف سه متری با فاصله بین ردیفی ۲۵ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۸۰ کیلوگرم بذر در هکتار (معادل تراکم ۱۸۰ بوته در مترمربع) بود که تراکم توصیه‌شده برای عدس محلی رقم بیله سوار مورد کشت در منطقه است. کود نیتروژن در دو مرحله از رشد، نصف کود هم‌زمان با کاشت و نصف دیگر در مرحله رشد رویشی معادل با کد GSV_1 مراحل نموی عدس بر اساس مقیاس Erskine *et al.* (1990) و به‌صورت سطحی در مزرعه پخش شد. علت استفاده از کود نیتروژن در این مراحل رشدی به استناد آمار هواشناسی چند ساله موجود در منطقه بود، که وجود رطوبت کافی در این مرحله از مراحل رشدی در سال اجرای آزمایش (جدول ۲) گواه این مدعاست و نشان می‌دهد که امکان تصعید کود مصرفی در این مراحل رشدی حداقل بود. به‌منظور افزایش همزیستی میکوریزی از قارچ *Glomus mosseae* و بذور ضدعفونی‌نشده استفاده شد. این قارچ‌ها از شرکت زیست‌فناوران توران تهیه شد. کاربرد قارچ میکوریز به‌روش استاندارد و توصیه‌شده Gianinazzi *et al.* (2001) و به مقدار ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) استفاده شد. تعداد اسپور زنده در هرگرم قارچ مورداستفاده حدود ۱۰۰ اسپور بود. از ریزوبیوم لگومینوزاروم *Rhizobium legominosarum* که باکتری مخصوص عدس است برای تلقیح بذر استفاده شد. باکتری‌ها از مؤسسه خاک و آب تهیه شدند و هر گرم مایه تلقیح حاوی 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود. هم‌چنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد. کلیه عملیات در محیط سایه و دور از نور آفتاب انجام شد و سپس نسبت به کاشت بذور تلقیح‌شده اقدام شد. در مرحله ٤ تا ٥ برگی به‌منظور اعمال تراکم مناسب، گیاهچه‌ها تنک شدند. بین هر واحد آزمایشی یک متر فاصله نکاشت به‌منظور جلوگیری از اثر کود به کرت‌های مجاور قرار داده شد. محلول‌پاشی با متانول در دو مرحله از رشد (طی رشد رویشی و اوایل گلدهی به‌ترتیب معادل با کد GSV_1 و GSR_1 مراحل نموی عدس براساس مقیاس Erskine *et al.* (1990) و به استناد سطوح ذکرشده انجام شد. با توجه به این‌که بهترین زمان محلول‌پاشی با متانول ساعت ۱۰ تا ۱۲ در روشنایی بود تا حداکثر فتوسنتز انجام شود و نقش متانول بر صفات مورد ارزیابی بهتر نمایان شود (Nonomura & Benson, 1992)، از این‌رو، همه تیمارها در این محدوده زمانی محلول‌پاشی شدند. به هرکدام از محلول‌های تهیه‌شده با متانول دو گرم در لیتر گلیسین به‌منظور جلوگیری از صدمات ناشی از سمیت متانول اضافه شد (Seyed Sharifi & Seyed Sharifi, 2019). کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد به‌روش دستی انجام شد. به‌منظور تعیین اثر تیمارها بر گره‌زایی و وزن خشک گره، در هر واحد آزمایشی سه گلدان با قطر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری در خطوط اصلی هر کرت قبل از کاشت قرار داده شد. تراکم کاشت در این گلدان‌ها مانند دیگر ردیف‌های کاشت مزرعه در نظر گرفته شد. در مرحله گلدهی، بوته‌های هر گلدان به‌همراه ریشه به‌طور کامل جدا شده و پس از شست‌وشوی ریشه‌ها، گره‌ها با پنس از ریشه جدا و تعداد آن‌ها تعیین شد. وزن خشک گره‌ها نیز پس از قرارگیری در آون به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای $70\pm5^{\circ}$ اندازه‌گیری شد (Namvar *et al.*, 2011).

به‌منظور تعیین مؤلفه‌های پرشدن دانه، دوازده روز پس از گلدهی در فواصل زمانی هر چهار روز یک بار و در هر مرحله از نمونه‌برداری دو بوته مشابه و به ظاهر یکنواخت از خطوط اصلی هر واحد آزمایشی انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها جدا شده و سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (Ronanini *et al.*, 2004). برای برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پرشدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای براساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nlin نرم‌افزار SAS به‌صورت زیر استفاده شد (Soltani, 1998).

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t<t_0 \\ a + bt & t>t_0 \end{cases}$$ رابطه (۱)

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان، b سرعت پرشدن دانه، t_0 پایان دوره پرشدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند. مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پرشدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پرشدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پرشدن دانه یعنی سرعت پرشدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست‌آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه یک قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره مؤثر پرشدن دانه از رابطه EFP=MGW/GFR استفاده شد (Ellis & Pieta-Filho, 1992). در این رابطه EFP دوره مؤثر پرشدن دانه (روز)، MGW حداکثر وزن دانه (میلی‌گرم) و GFR سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم در روز) است. در مرحله گلدهی برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ، از روش Arnon (1949) استفاده شد. کارایی همزیستی از رابطه پیشنهادی Bech *et al.* (1993) محاسبه شد. براساس این رابطه چنان‌که عدد کارایی همزیستی کوچک‌تر یا مساوی ۵۰ درصد باشد غیرمؤثر، بین ۵۰–۷۵ درصد باشد نسبتاً مؤثر، بین ۷۵–۱۰۰ درصد باشد مؤثر و بزرگ‌تر از ۱۰۰ درصد باشد کارایی خیلی مؤثر است. عملکرد دانه با برداشت از سطحی معادل نیم مترمربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای برآورد تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام، از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه هشت بوته برداشت و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه واریانس مورداستفاده قرار گرفت. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS نسخه 9/1 و Excel نسخه 2003 استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی، نیتروژن استارتر و متانول بر صفات مورد بررسی نشان داد که اثر سه جانبه کودهای زیستی، نیتروژن استارتر و متانول بر محتوای کلروفیل b، تعداد و وزن گره در بوته، سرعت پرشدن دانه و تعداد نیام در بوته در سطح احتمال پنج درصد و بر عملکرد دانه، طول دوره و دوره مؤثر پرشدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر ترکیب تیمار نیتروژن استارتر در کودهای زیستی بر محتوای کلروفیل a و کارتنوئید در سطح احتمال پنج درصد و بر کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر ترکیب تیمار متانول در کودهای زیستی بر محتوای کلروفیل a، کارتنوئید و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد دانه در نیام در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر ترکیب

تیمار متانول در نیتروژن استارتر بر محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

۳. ۱. رنگدانه‌های فتوسنتزی

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نیتروژن استارتر در کودهای زیستی و متانول بر محتوای کلروفیل b نشان داد که بیش‌ترین محتوای این نوع کلروفیل (۲/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در مصرف مقادیر بالایی از نیتروژن و متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و کم‌ترین این مقدار (۰/۸۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، در عدم کاربرد نیتروژن، متانول و کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ٤).

مقایسه میانگین اثر نیتروژن در کودهای زیستی نشان داد که بیش‌ترین محتوای کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید (به‌ترتیب ۲/۵۲، ٤/۲٤ و ۱/٤٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در بالاترین سطح از مصرف نیتروژن و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و کم‌ترین این مقادیر (به‌ترتیب ۱/۲۷، ۲/۲۳ و ۰/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در حالت عدم کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ۵). هم‌چنین مقایسه میانگین اثر متانول در نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین محتوای کلروفیل کل (۳/۷٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در کاربرد مقادیر بالایی از متانول و نیتروژن به‌دست آمد (جدول ٦)، که حاکی از افزایش ٤۷/۸ درصدی محتوای کلروفیل کل در کاربرد مقادیر بالایی از متانول و نیتروژن در مقایسه با عدم کاربرد این عوامل می‌باشد.

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن استارتر، کاربرد متانول و کودهای زیستی بر گره‌زایی، مؤلفه‌های پرشدن دانه و برخی صفات عدس

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	تعداد گره در بوته	وزن گره	سرعت پرشدن دانه	طول دوره پرشدن دانه	دوره مؤثر پرشدن دانه	دانه در نیام	نیام در بوته	عملکرد دانه
تکرار (R)	۲	٤/۲۰**	۰/٦۸**	۸/۳**	۲/۷۷**	۲۷/٤۱**	۹/۲۸**	۰/٤۰۳**	۱۷۰/۰۱**	۳۱۷/۵**	۰/۰۵**	۲۱۳/۰۱**	٤٦۳٦۳۳/۵۹**
نیتروژن (N)	۲	۲/۵۵**	۱/۳۹**	۷/٤۷**	۲/۳٦**	۲٦/۱۱**	۱۷/٦٤**	۰/۱٦۳**	٤۸/۸۳**	۳۵/۰٦**	۰/۲۱۲**	۱۱۵/٤**	٦٦٦۸۷٤/۸**
سطوح متانول (M)	۲	۱/۲۳**	۰/۷۳۸**	۳/۸۱**	۱/۱۳**	۱۱۱/۵٦**	۱۱۸/۸**	۰/۰۱*	۱۳/۹۸**	۹/۹**	۰/۱۵۵**	۷۷/۳**	٤۵٤۱۸/۰٦**
سطوح کود زیستی (B)	۳	۱/۸۷**	۰/۲۱۵**	۳/۳٦**	۱/۷۲**	۳٦/۰۲**	٤۰/۲٦**	۰/۳۵٦**	۸۲/۲**	۵۹/۳**	۰/۰۱۱*	۸/۱۹*	۹۰۷٦٤/٤۵**
N× M	٤	۰/۰۲٤۸	۰/۰٦٦**	۰/۱٦۱**	۰/۰۲	۲/۸۷**	۱/۹**	۰/۰۰۷۱*	۲/۷۹**	۱/۹٦**	۰/۰۰۵	۷/۵٤**	۸۵۲٤/٤۹
N× B	٦	۰/۰٤۰۲*	۰/۰۳۵**	۰/۱۳۸**	۰/۰۳۵*	۱/۲۲**	۰/۷۱**	۰/۰۰۵٤	۷/۷٦**	۵/۵۳**	۰/۰۰۵	۵/۱*	۱۰۹٦۱/۹*
M × B	٦	۰/۰۷۱**	۰/٤۹**	۰/۱۱۲**	۰/۰٦۷**	۲/۹۵**	۲/۰۲**	۰/۰۰٤۵	۰/۵۰٤	۰/۳۷	۰/۰۰۷*	۰/۳۲	۹۵٦۰/۹۹*
N× M × B	۱۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱٦*	۰/۰٤۹	۰/۰۰۹	۰/٦۱٦*	۰/۳٦*	۰/۰۰۷۲*	۳/۰۰۵**	۲/۱۳**	۰/۰۰۲۵	٤/۳٤*	۱۲٦۱۱/۷**
خطای ازمایشی	۷۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۷	۰/۰٤٤	۰/۰۱۱۲	۰/۰٤۹	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳۵	۰/۷۵٦	۰/٤۸	۰/۰۰۲۷	۲/۱۵٦	٤٦۵۱/٤۱۷
ضریب تغییرات	–	٦/۸٤	۷/۲۲	٦/۸۸	۵/۸۹	۸/۲	٦/۲	٤/٦۷	۳/۰٦	۷/۸۲	٤/۸	۵/۸٦	٦/۸٦

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی، نیتروژن استارتر و متانول بر محتوای کلروفیل b، تعداد گره در بوته، وزن گره، نیام در بوته و عملکرد دانه عدس تحت شرایط دیم

ترکیب تیماری	کلروفیل b** ($mg.g^{-1}FW$)	تعداد گره در بوته**	وزن گره** (mg per plant)	تعداد نیام در بوته**	سرعت پرشدن دانه* (mg.day)	طول دوره پرشدن دانه** (day)	دوره مؤثرپرشدن دانه** (day)	عملکرد دانه* (kg/ha)
$B_1 \times N_1 \times M_1$	۰/۸۱۳t	٤/۱۰p	٤/۲lm	۲۱/۵۹p	۰/۹۹۳r	۲۳/۹۸k	۲۰/۵۲i	۷۵٤r
$B_1 \times N_1 \times M_2$	۰/۸۵۳st	٤/۰۱p	٤/۰۲m	۲۱/۹۹op	۱/۱۵٤m-q	۲۷/۵e-i	۲۳/٤۹e-g	۷۷۱/٤r
$B_1 \times N_1 \times M_3$	۰/۸۹٦r-t	٤/۱۵p	٤/۲۲lm	۲۲/۱۸m-p	۱/۲۱۸j-n	۲۷/٦۲e-h	۲۳/۵۹e-g	۷۹۲/٦۷rq
$B_1 \times N_2 \times M_1$	۰/۹٤p-t	۵/۱۱no	٤/٤٦k-m	۲۲/۰۸n-p	۱/۰٦۲rq	۲٦/٤۱h-j	۲۲/۵٦gh	۸۰٦/۲rq
$B_1 \times N_2 \times M_2$	۰/۸۸٦r-t	٦/٦۲j-l	۵/۵٦gh	۲۲/۹۷j-p	۱/۱٦٤m-p	۲٦/۹h-j	۲۲/۹۸gh	۸٤۱o-r
$B_1 \times N_2 \times M_3$	۰/۹۱٦q-t	٦/۹۹i-k	٦/٦f	۲۳/٤٦i-p	۱/۲٤i-m	۲٦/۹h-j	۲۲/۹۸gh	۸۵۰/٦۷n-r
$B_1 \times N_3 \times M_1$	۰/۹۵p-s	٦/۹۵i-k	٦/٦٤f	۲۳/۷۵h-p	۱/۰۸٦p-r	۲٦/۱٤ij	۲۲/۳۳h	۸۳۱/۳۳p-r
$B_1 \times N_3 \times M_2$	۰/۹۹o-r	۸/٤۷d-f	۷/۷۳d	۲٤/۵٤g-m	۱/۲۳٦i-m	۲۸/٦٤c-e	۲٤/٤٦c-e	۸۸۹/۳۳l-q
$B_1 \times N_3 \times M_3$	۱/۰٤۳l-q	۹/۲۸cd	۸/۸۸c	۲۲/۰۸n-p	۱/۲۸۱g-k	۲۸/٦٤c-e	۲٤/٤٦c-e	۸۹۹/٦۸k-q
$B_2 \times N_1 \times M_1$	۰/۹۸۳o-s	۵/٦۳mn	٤/٦٦j-m	۲۲/٤۸l-p	۱/۱۱۲o-q	۲٦/۰۷j	۲۲/۲٦h	۸۵۵/۷۹m-r
$B_2 \times N_1 \times M_2$	۱/۰۲n-r	٦/۷j-l	٦/٤gh	۲۲/۷۷k-p	۱/۲٦٦g-l	۲٦/۹h-j	۲۲/۹۸gh	۹۲۳/۸۷j-p
$B_2 \times N_1 \times M_3$	۱/۰۳۳m-q	۷/۷٤f-i	٦/۸٤ef	۲۳/٤٦i-p	۱/۳۲۷d-i	۲۹/٦cd	۲۵/۲۸cd	۹٤۷/۳۳j-o
$B_2 \times N_2 \times M_1$	۱/۱۰٦i-o	۵/۹۳l-n	۵/٤۳g-i	۲۳/۷۵h-p	۱/۱۳٦n-q	۲٦/۰۹j	۲۲/۲۸h	۹۰۳/٦٤lk-q
$B_2 \times N_2 \times M_2$	۱/۱۵h-n	۷/٦۷f-i	٦/٦۹f	۲٤/۳٤h-o	۱/۲۹٦f-k	۲۸/۳۳d-g	۲٤/۲d-f	۹۵۲/۱۷i-n
$B_2 \times N_2 \times M_3$	۱/۲۹e-g	۱۰/۲۵b	۷/٦٦d	۲٤/۸۳f-l	۱/۳٤۲c-h	۲۸/٦۳c-e	۲٤/٤۵c-e	۹۵۷h-n
$B_2 \times N_3 \times M_1$	۱/۱۷g-k	۸/۰٦e-h	۷/۷d	۲۵/۸۱d-i	۱/۱۵٦m-q	۲٦/۹h-j	۲۲/۹۸gh	۹۱۸/۳۳j-p
$B_2 \times N_3 \times M_2$	۱/۳۹de	۸/۷۹de	۸/۹۷c	۲٦/۰۱d-h	۱/۳f-k	۲۸/۳۳d-g	۲٤/۲d-f	۹۳۸/۳۲j-p
$B_2 \times N_3 \times M_3$	۱/٤۸cd	۱۰/۲۵b	۹/۲۸c	۲٦/٤۹c-g	۱/۳٤c-h	۲۸/۷۸c-e	۲٤/۵۸c-e	۹٦۵/۵۱g-m
$B_3 \times N_1 \times M_1$	۰/۹۵p-s	٤/۳٤op	٤/۳٤lm	۲۳/۹۹h-o	۱/۱۸۳l-o	۲٦/۹۳g-i	۲۳/۰۱gh	۹٦٦/٦۷g-m
$B_3 \times N_1 \times M_2$	۱o-r	٤/۲۵po	٤/۸۲i-l	۲٤/٤۳g-n	۱/۳۰۵e-j	۲۷/٦۲e-h	۲۳/۵۹e-g	۱۰۰۰/۵f-k
$B_3 \times N_1 \times M_3$	۱/۰۵l-q	٤/٤op	۵/۰۷h-k	۲٤/٦۵g-l	۱/۳۸۱a-f	۲۸/۷۷c-e	۲٤/۵۷c-e	۱۰۷۵/۲۳d-g
$B_3 \times N_2 \times M_1$	۱/۰۹٦j-o	۵/٤۲mn	۵/۳٦g-j	۲٤/۵٤g-m	۱/۱۸٤l-o	۲۷/٦۲e-h	۲۳/۵۹e-g	۹۷٦/۳۳fg-l
$B_3 \times N_2 \times M_2$	۱/۰۳٦l-q	۷/۰۲i-k	٦/٦۷f	۲۵/۵۲d-i	۱/۳۵۹b-g	۲۸/۷۸c-e	۲٤/۵۸c-e	۱۰۰۹/۳۹e-k
$B_3 \times N_2 \times M_3$	۱/۰۷۳k-p	۷/٤۱g-j	۷/٦d	۲٦/۰٦d-h	۱/۳۹۹a-e	۳۲/۰٦b	۲۷/۳۹b	۱۰۸۲/٦۷d-f
$B_3 \times N_3 \times M_1$	۱/۱۰٦i-o	۷/۳۷g-j	۷/۹٦d	۲٦/۳۹c-g	۱/۲۱j-n	۲۸/٤۷d-f	۲٤/۳۱d-f	۹۹۲/۷۲f-l
$B_3 \times N_3 \times M_2$	۱/۱٦g-m	۸/۹٦c-e	۹/۲۸c	۲۷/۲٦b-e	۱/٤۰۹a-d	۲۸/۷۸c-e	۲٤/۵۸c-e	۱۰۱۵/٦۳e-j
$B_3 \times N_3 \times M_3$	۱/۲۲f-j	۹/۸۳bc	۱۰/٦٦b	۲٤/۵٤g-m	۱/۳۹۹a-e	۲۸/۷۸c-e	۲٤/۵۸c-e	۱۰٦٤/۲۵d-h
$B_4 \times N_1 \times M_1$	۱/۱۸g-k	۵/۹۷l-n	۵/۸۵g	۲٤/۹۷e-k	۱/۲۳j-n	۲۷/۱۷f-j	۲۳/۲f-h	۱۱۳۱/۱cd
$B_4 \times N_1 \times M_2$	۱/۲٤f-i	۷/۱۱h-k	٦/٦۸f	۲۵/۳d-j	۱/٤٦a	۲۸/٦۱c-e	۲٤/٤٤c-e	۱۱۱٦/۵c-e
$B_4 \times N_1 \times M_3$	۱/۲۵f-h	۸/۲۱e-g	۸/۰۵d	۲٦/۰٦۷d-h	۱/٤۰۳a-d	۳۱/۵۷	۲٦/۹٦b	۱۱۳۹/۳۲b-d
$B_4 \times N_2 \times M_1$	۱/۳۳ef	٦/۲۹k-m	۵/٤۳g-i	۲٦/۳۹c-g	۱/۲٦۱h-l	۲۸/٦c-e	۲٤/٤۳c-e	۱۱۵۵/۱۷b-d
$B_4 \times N_2 \times M_2$	۱/۳۸de	۸/۱٤e-g	۷/٤۷de	۲۷/۰٤b-f	۱/۲۰۸k-n	۲۸/٦۱c-e	۲٤/٤٤c-e	۱۱۷۰/۸۹b-d
$B_4 \times N_2 \times M_3$	۱/۵٦bc	۸/۵۹d-f	۷/۷۲d	۲۷/۵۹b-d	۱/٤۳a-c	۳۲/٦٦b	۲۷/۸۹b	۱۲٤۷/۲٦b
$B_4 \times N_3 \times M_1$	۱/٤۱de	۸/۵۵d-f	۷/۸۱d	۲۸/٦۳bc	۱/۲٦۲h-l	۲۸/٦۱c-e	۲٤/٤٤c-e	۱۰٦۱/٤٤d-i
$B_4 \times N_3 \times M_2$	۱/٦۹b	۹/۳۱b-d	۹/۲۳c	۲۸/۹b	۱/۲٦۵g-l	۲۹/۹۱c	۲۵/۵۱c	۱۲۱۸bc
$B_4 \times N_3 \times M_3$	۲/۰۸a	۱۲/۷۲a	۱۱/۵۹a	۳٤/٤۳a	۱/٤۵ab	۳۵/۱۷a	۲۹/۹۱a	۱۵۳۰a
LSD	۰/۱۳٦	۰/۹٦٤۷	۰/۷۰٦٦	۲/۳۹۱۲	۰/۰۹٦٤	۱/٤۱	۱/۱۳۲	۱۱۱/۰٦

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک** و پنج* درصد ندارند. B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب به‌عنوان شاهد، کاربرد ریزوبیوم، میکوریز، کاربرد ریزوبیوم با میکوریز. N_1، N_2، N_3، به‌ترتیب عدم مصرف، مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار.
M_1، M_2، M_3 به‌ترتیب محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، کاربرد ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول.

جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و نیتروژن استارتر برمحتوای کلروفیل a، کل و کارتنوئید عدس

ترکیب تیماری	کلروفیل a	کلروفیل کل	کارتنوئید
		(mg.g^{-1} FW)	
$B_1 \times N_1$	۱/۲۷f	۲/۲۳f	۰/۷۷g
$B_1 \times N_2$	۱/۵۷ef	۲/٤۸ef	۰/۸۵fg
$B_1 \times N_3$	۱/٦٤e	۲/٦۳e	۰/۸۸fg
$B_2 \times N1$	۱/۷e	۲/۷۱e	۰/۹۲efg
$B_2 \times N_2$	۱/۹۳cd	۳/۱۲c	۱/۰۵cde
$B_2 \times N_3$	۲/۰۳c	۳/۳۸c	۱/۰۸cd
$B_3 \times N_1$	۱/۷٦de	۲/۷٦de	۰/۹۵۷def
$B_3 \times N_2$	۲/۰۱c	۳/۰۸cd	۱/۰۹cd
$B_3 \times N_3$	۲/۱۲bc	۳/۲۸c	۱/۱۳۸bc
$B_4 \times N_1$	۲/۰۱c	۳/۲٤c	۱/۰۹cd
$B_4 \times N_2$	۲/۲۹ab	۳/۷۲b	۱/۲٤b
$B_4 \times N_3$	۲/۵۲a	٤/۲٤a	۱/٤٤a
LSD	۰/۲۲۸	۰/۳۳۱	۰/۱٤۳

میانگین‌های باحروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ٦. مقایسه میانگین تأثیر نیتروژن استارترو متانول بر محتوای کلروفیل کل عدس

ترکیب تیماری	کلروفیل کل (mg.g^{-1} FW)
$N_1 \times M_1$	۲/۵۳d
$N_1 \times M_2$	۲/۷۲cd
$N_1 \times M_3$	۲/۹۵bcd
$N_2 \times M1$	۲/۸۲cd
$N_2 \times M_2$	۲/۹۷bc
$N_2 \times M_3$	۳/۵۱a
$N_3 \times M_1$	۳/۰۵bc
$N_3 \times M_2$	۳/۳۷ab
$N_3 \times M_3$	۳/۷٤a
LSD	۰/٤۳۵

میانگین‌های باحروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

مقایسه میانگین اثر متانول در کودهای زیستی نشان داد که محتوای کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید (به‌ترتیب ۲/٦۳، ٤/۲٦ و ۱/٤٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در کاربرد مقادیر بالایی از متانول و کودهای زیستی در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی و متانول (به‌ترتیب با مقادیر ۱/۳۸، ۲/۲۷ و ۰/۷۸٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، از افزایش به‌ترتیب ۹۰، ۸۷/٦٦ و ۸٦/۲۲ درصدی برخوردار بود (جدول ۷). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود با کاربرد نیتروژن محتوای تمامی رنگدانه‌های فتوسنتزی افزایش یافت. گرچه مقدار نیتروژن تثبیت‌شده عدس در هر فصل زراعی تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Peoples *et al.*, 2001)، که بخشی از این نیتروژن می‌تواند در ساختار کلروفیل مورد استفاده قرار گیرد، ولی در این بررسی به‌نظر می‌رسد وجود نیتروژن کم در خاک تحت کشت (جدول ۱) و بالابودن بارش‌ها در ابتدای دوره رشدی (جدول ۲) موجب شده است که گیاه به کاربرد مقادیر بالاتر نیتروژن واکنش مثبت نشان دهد. در این راستا برخی پژوهش‌گران معتقدند در شرایط کمبود نیتروژن، به‌دلیل کاهش فتوسنتز، ترکیبات کربوهیدراتی کم‌تری به ریشه ارسال شده و انرژی موردنیاز برای تثبیت نیتروژن تأمین نمی‌شود (Sepetoglu, 2002)، در چنین شرایطی کاربرد نیتروژن می‌تواند از راه‌کارهای مؤثر در افزایش محتوای کلروفیلی برگ‌ها و ارتقای توان فتوسنتزی گیاه به‌حساب آید.

از طرفی محتوای کاروتنوئید نیز با مقادیر نیتروژن ارتباط مستقیم دارد (Kheirizadeh Arough *et al.*, 2015)، از این‌رو، کاربرد نیتروژن به‌دلیل افزایش دسترسی گیاه به این عنصر، موجب شد محتوای کارتنوئید هم افزایش یابد. بخشی از بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی در کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به نقش این کودها در جذب و انتقال نیتروژن به گیاه میزبان نسبت داد. در این راستا Bethlenfalvay *et al.* (1998) اظهار داشتند میکوریز می‌تواند به‌طور مستقیم نیتروژن (به‌طور عمده به فرم آمونیومی) را جذب و به گیاه میزبان انتقال دهد. Chandrasekhar *et al.*

(2005) اثر مفید تلقیح بذر با باکتری بر افزایش محتوای کلروفیل را، به در دسترس‌بودن بالاتر نیتروژن در گیاه به‌واسطه تثبیت زیستی نسبت دادند. در برخی بررسی‌ها گزارش شده این قارچ‌ها توانایی تأمین نیتروژن از منابع غیرقابل‌دسترس گیاه میزبان مانند مواد آلی به‌صورت آنزیمی را دارند (Seyed Sharifi & Namvar, 2016). Wang *et al.* (2008) دلیل افزایش محتوای کلروفیل گیاه در کاربرد قارچ‌های میکوریز را، به افزایش جذب آهن و روی نسبت دادند که در بیوسنتز کلروفیل، سنتز تیلاکوئید و توسعه کلروپلاست نقش اساسی دارد. عده‌ای نیز افزایش محتوای کلروفیل را در گیاهان برخوردار از قارچ میکوریزا در مقایسه با عدم کاربرد آن، به بهبود جذب فسفر نسبت داده‌اند (Demir, 2004). بررسی محتوای کلروفیل در سطح ثابت از کاربرد نیتروژن و کودهای زیستی و در سطوح متفاوت از محلول‌پاشی با متانول نشان داد که کاربرد متانول منجر به بهبود محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در تمامی ترکیب‌های تیماری شد (جدول ٤). Hossinzadeh *et al.* (2012) افزایش محتوای کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل نخود را با کاربرد ۳۰ درصد حجمی متانول گزارش کردند. Downie *et al.* (2004) اثر مفید کاربرد متانول بر افزایش محتوای کلروفیل را، به نقش مهم این ماده در تعدیل اثر تنش‌های القاشده به گیاهان زراعی در اثر کاهش تنفس نوری در آنها نسبت داد. با توجه به این‌که ۲۰ تا ۲۵ درصد از کربن گیاه صرف تنفس نوری می‌شود، از این‌رو محلول‌پاشی متانول منجر به افزایش غلظت CO_2 درون‌سلولی و کاهش تنفس نوری می‌شود (Nonomura & Benson, 1992)، ضمن آن‌که با کاهش تنفس نوری، پراکسید هیدروژن تولیدشده در پراکسی‌زوم کاهش یافته (Simova-Stoilova *et al.*, 2008) و به‌دلیل کاهش صدمات وارده بر کلروفیل، موجب می‌شود محتوای کلروفیل افزایش یابد.

جدول ۷. مقایسه میانگین تأثیر متانول و کودهای زیستی بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل کل، کارتنوئید و تعداد دانه در نیام عدس

ترکیب تیماری	کلروفیل a	کارتنوئید	کلروفیل کل	تعداد دانه در نیام
	(mg.g^{-1} FW)			
$B_1 \times M_1$	۱/۳۸h	۰/۷۸٤h	۲/۲۷h	۰/۹۹d
$B_1 \times M_2$	۱/۵h	۰/۸۳۳gh	۲/٤۱gh	۰/۹۷٦d
$B_1 \times M_3$	۱/۷۱g	۰/۸۹٦gh	۲/٦٦fg	۰/۹٤۷d
$B_2 \times M1$	۱/۷۱g	۰/۹۳٦e-g	۲/۷۹ef	۱/۱۱bc
$B_2 \times M_2$	۱/۸۵e-g	۱/۰۲۷c-f	۳/۰٤۷cde	۱/۱۱۸a-c
$B_2 \times M_3$	۲/۱b-d	۱/۰۹b-d	۳/۳۷bc	۱/۱۳۲a-c
$B_3 \times M_1$	۱/۷٦fg	۰/۹٦۸d-g	۲/۸٤۱ef	۱/۱۰۸bc
$B_3 \times M_2$	۱/۹۳d-f	۱/۰۷۳bc	۲/۹۹def	۱/۰۷c
$B_3 \times M_3$	۲/۲b	۱/۱٤bc	۳/۲۳bcd	۱/۱۳۷a-c
$B_4 \times M_1$	۲c-e	۱/۱b-d	۳/۳۲bcd	۱/۱۱bc
$B_4 \times M_2$	۲/۱۹bc	۱/۲۱b	۳/٦۳b	۱/۱٦ab
$B_4 \times M_3$	۲/٦۳a	۱/٤٦a	٤/۲٦a	۱/۱۸a
LSD	۰/۱۹۸	۰/۱٤۲	۰/۳٤۵	۰/۰۷٤۳

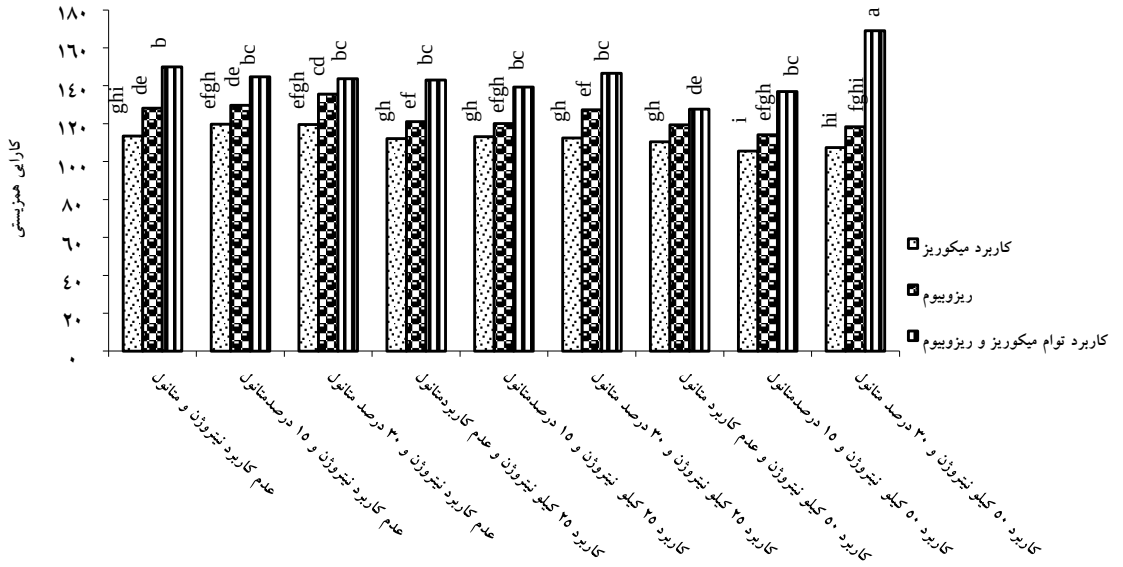
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

۳. ۲. تعداد و وزن گره

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نیتروژن در کودهای زیستی و متانول بر تعداد و وزن گره نشان داد که بیش‌ترین مقادیر این صفات (به‌ترتیب ۱۲/۷۲ عدد و ۱۱/۵۹ میلی‌گرم در بوته) در مصرف مقادیر بالایی از نیتروژن و متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و کم‌ترین مقادیر این صفات (به‌ترتیب ٤/۱ عدد و ٤/۲ میلی‌گرم در بوته) در عدم کاربرد نیتروژن، متانول و کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ٤). با افزایش مصرف کود نیتروژن، تعداد و وزن گره در تمامی ترکیب‌های تیماری افزایش یافت (جدول ٤). به‌نظر می‌رسد پایین بودن میزان نیتروژن خاک مورد کشت (جدول ۱) و افزایش بارش‌ها به‌خصوص در ابتدای دوره رشد گیاه (جدول ۲) از علت‌های اصلی واکنش مثبت تعداد و وزن گره به کاربرد مقادیر بالایی از نیتروژن مصرفی باشد. نتایج

این بررسی با نتایج گزارش‌های Seyed Sharifi *et al.* (2016) در سویا مبنی بر این‌که کاربرد مقادیر بالاتر نیتروژن به‌همراه تلقیح بذر با کودهای زیستی از بالاترین تعداد و وزن خشک گره برخوردار بود مطابقت دارد. این نتایج با بررسی‌های Seiedi & Seyed Sharifi (2014) در ارزیابی مقادیر مختلف نیتروژن (صفر، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در گره‌زایی سویا مغایر است. آنها گزارش کردند کاربرد ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار در مقایسه با مصرف ٦۰ کیلوگرم آن، وزن خشک گره در بوته را حدود ۳۷ درصد کاهش داد. برخی پژوهش‌گران کاهش گره‌زایی در مقادیر بالای نیتروژن را به عوامل مختلفی مانند تجزیه ایندول استیک اسید، کاهش تولید لکتین به‌وسیله گیاه میزبان، محدود کردن اتصال ریزوبیوم‌ها به ریشه‌های مویین و توقف تولید آنزیم نیتروژناز نسبت داده‌اند (Werner & Newton, 2005).

کاربرد توأم ریزوبیوم و میکوریز منجر به افزایش تعداد و وزن گره در هر بوته در تمامی ترکیب‌های تیماری نسبت به کاربرد تک‌تک این کودها شد. بخشی از افزایش تعداد و وزن گره در کاربرد توأم میکوریز و ریزوبیوم را می‌توان به تامین عناصر غذایی میکرو و ماکرو موردنیاز گیاه و بهبود شرایط خاکی نسبت داد (Seyed Sharifi & Namvar, 2016). به‌طوری‌که در آزمایشی مشابه روی سویا، کاربرد توأم میکوریزا و ریزوبیوم ضمن افزایش وزن خشک گره، جذب و تثبیت نیتروژن را نسبت به کاربرد هر کدام از کودهای میکوریز و ریزوبیوم به تنهایی داشت (Antunes *et al.*, 2006). نتایج مشابهی نیز در مورد تعداد و وزن خشک گره‌ها به‌واسطه تلقیح بذر سویا با ریزوبیوم توسط پژوهش‌گران دیگر گزارش شده است (Seyed Sharifi *et al.*, 2016). محاسبه کارایی همزیستی نشان داد که کاربرد تک‌تک کودهای زیستی اعم از میکوریز، ریزوبیوم و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم در تمامی سطوح از متانول و نیتروژن استارتر در مقایسه با عدم استفاده از این کودهای زیستی، از همزیستی مؤثری برخوردار بودند، ولی بیش‌ترین عدد این همزیستی (۱٦۹/۷)، در استفاده توأم میکوریز با ریزوبیوم و در سطوح بالایی از کاربرد متانول و نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین همزیستی مؤثر تحت تأثیر سطوح مختلف از کاربرد نیتروژن و متانول و کودهای زیستی

از این‌رو، به استناد مقیاس‌های تعریف‌شده توسط Beck *et al.* (1993) معلوم می‌شود که این نوع کارایی خیلی مؤثرتر از دیگر ترکیب‌های تیماری است و شاید به‌دلیل مؤثرتربودن این نوع همزیستی است که موجب شده است در این نوع ترکیب تیماری بیش‌ترین تعداد و وزن گره‌ها به‌دست آید.

کاربرد متانول نیز منجر به افزایش تعداد و وزن گره‌های عدس شد. به‌طوری‌که سطوح بالای متانول از بیش‌ترین تعداد و وزن گره برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن حاصل از اکسیداسیون سریع متانول در بافت‌های فتوسنتزکننده، موجب افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو، کاهش تنفس نوری، افزایش سرعت و میزان فتوسنتز می‌شود (Gout *et al.*, 2000)، در چنین شرایطی مقادیر زیادی ترکیبات کربوهیدراتی به ریشه منتقل شده و از طریق افزایش تعداد و وزن گره، انرژی موردنیاز برای تثبیت نیتروژن فراهم می‌شود. برخی پژوهش‌گران افزایش تولیدات فتوسنتزی در برگ‌ها در اثر محلول‌پاشی با متانول و انتقال این مواد به ریشه‌ها به‌علت کاهش تلفات قند تولیدی حاصل از تنفس نوری را، از دلایل اصلی در افزایش تعداد و وزن خشک ریشه در لوبیا عنوان نمودند (Armand *et al.*, 2015).

۳. ۳. تعداد دانه در نیام و نیام در بوته

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد نیام در بوته (۳٤/٤۳) در مصرف مقادیر بالایی از نیتروژن و متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم و کم‌ترین آن (۲۱/۵۹) در عدم کاربرد نیتروژن، متانول و کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ٤). Brevendan *et al.* (1997) گزارش کردند که افزایش نیتروژن در سویا، به‌دلیل کاهش ریزش گل و نیام، تعداد نیام در بوته را ٤۰ درصد و عملکرد دانه سویا را تا ۳۲ درصد در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن افزایش داد.

Albayrak *et al.* (2006) بیان کردند که تعداد نیام در بوته ماشک در تلقیح بذر با باکتری افزایش می‌یابد. Seyed Sharifi *et al.* (2016) گزارش کردند تعداد نیام در بوته‌های تلقیح‌شده سویا به‌طور معنی‌داری بالاتر از بوته‌های تلقیح‌نشده بود. دراین رابطه برخی پژوهش‌گران نشان دادند که تلقیح بذر با باکتری، به‌دلیل افزایش استقرار میکوریز روی گیاه و اثر متقابل مثبت بین قارچ‌های میکوریز و باکتری‌ها (Antunes *et al.*, 2006) موجب می شود که در شرایط کاربرد توأم کودهای زیستی، افزایش عرضه عناصر غذایی و مواد فتوسنتزی به‌خصوص در مرحله پرشدن دانه، به بهبود میزان مواد ذخیره‌شده در گیاه و افزایش اجزای عملکردی دانه مانند تعداد نیام در بوته منجر شود.

در سطح ثابتی از مصرف نیتروژن و کاربرد کودهای زیستی، با افزایش سطوح کاربرد متانول، تعداد نیام در بوته نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که تعداد نیام در بوته در بالاترین سطح از مصرف نیتروژن و کاربرد کودهای زیستی در حالت عدم محلول‌پاشی با متانول (۲۸/٦۳ نیام در بوته) در مقایسه با همین ترکیب تیماری و محلول‌پاشی با ۳۰ درصد حجمی متانول (۳٤/٤۳ نیام در بوته) از افزایش ۲۰/۲۵ درصدی برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد افزایش فتوسنتز می‌تواند از دلایل اصلی افزایش تعداد نیام در بوته باشد، زیرا محلول‌پاشی متانول در گیاهان سه کربنه با تنفس نوری بالا، می‌تواند بخشی از تلفات کربن تثبیت‌شده توسط فتوسنتز را جبران نماید (Ramberg *et al.*, 2002) و این امر می‌تواند منجر به افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح و افزایش تعداد نیام در بوته شود.

مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و متانول بر تعداد دانه در نیام نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت (۱/۱۸ دانه در نیام) در کاربرد مقادیر بالایی از نیتروژن و

متانول و کم‌ترین آن (۰/۹۹) در عدم کاربرد متانول و نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۷). این نتیجه با نتایج برخی از پژوهش‌گران مبنی بر تأثیر پذیری تعداد دانه در نیام از میزان نیتروژن مصرفی Amany (2007) هم‌خوانی داشت. ولی با نتایج برخی دیگر از پژوهش‌گران (Seiedi & Seyed Sharifi, 2014) مبنی بر عدم تأثیرپذیری تعداد دانه در نیام با کاربرد نیتروژن و تلقیح بذر با ریزوبیوم هم‌خوانی نداشت. آنها معتقدند این صفت بیش‌تر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و کم‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد.

۳. ٤. مؤلفه‌های پرشدن دانه

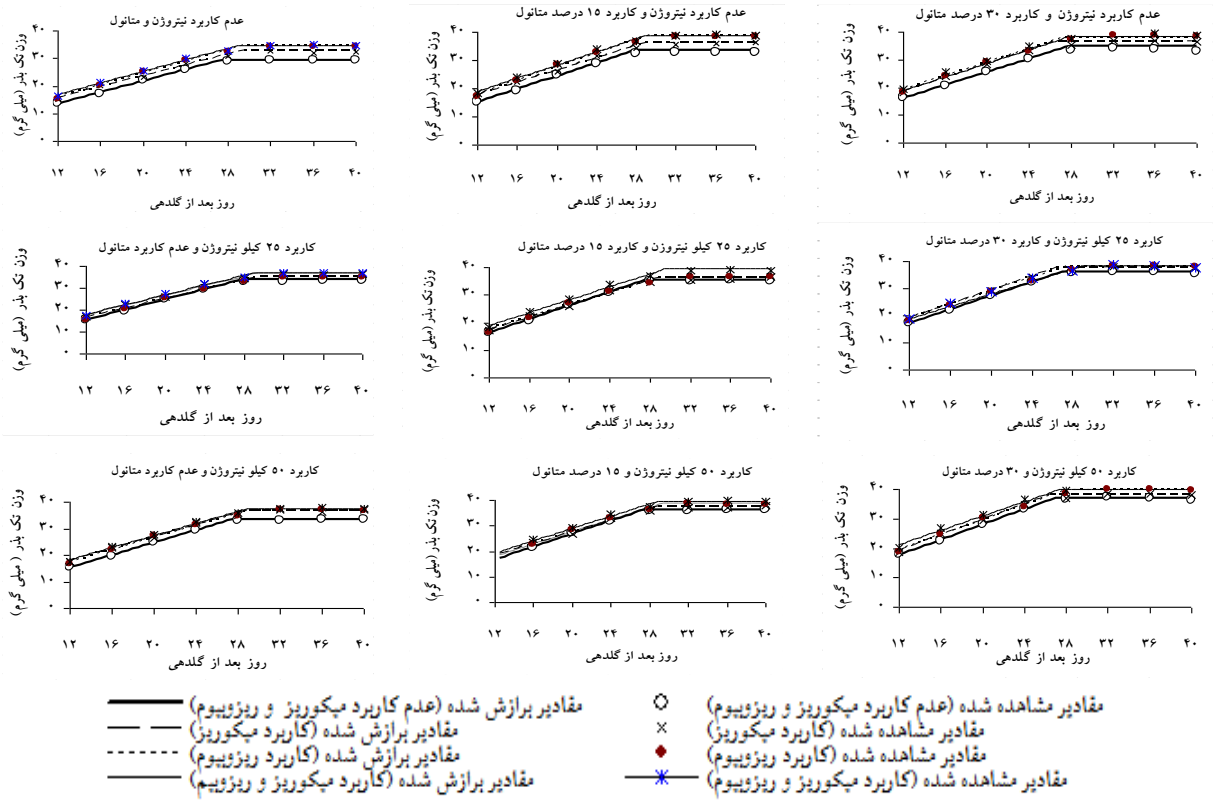
روند پرشدن دانه در تیمارهای مورد مطالعه از الگوی نموی تقریباً مشابهی برخوردار بود. به این ترتیب که ابتدا وزن دانه در تیمارهای مختلف به‌صورت خطی افزایش یافت و به حداکثر مقدار خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به‌صورت خط افقی در آمد (شکل ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین مؤلفه‌های پرشدن دانه اعم از سرعت (۱/٤٥ میلی‌گرم در روز)، طول دوره (۳۵/۱۷ روز) و دوره مؤثر پرشدن دانه (۲۹/۹۱ روز) در مصرف مقادیر بالایی از نیتروژن، متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم به‌دست آمد (جدول ٤)، که به‌ترتیب از افزایش ۲۵/٦٤، ٤٦/٦٦ و ٤٥/۷٦ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن، متانول و کودهای زیستی) برخوردار بود. افزایش مصرف نیتروژن در تمامی ترکیب‌های تیماری موجب شد مؤلفه‌های پرشدن دانه افزایش یابد. در این زمینه، Cho *et al.* (1987) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن، وزن تک‌بذر، دوره مؤثر و طول دوره پرشدن دانه افزایش یافته و با کاهش آن تمامی پارامترهای پرشدن دانه نیز کاهش می‌یابد و اظهار داشتند که افزایش نیتروژن میزان اسیمیلاسیون را افزایش می‌دهد و از طریق افزایش نقل و انتقال مواد به دانه، موجب افزایش سرعت و دوره مؤثر پرشدن دانه شده و در نهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد بخشی از افزایش سرعت و میزان فتوسنتز را می‌توان به افزایش محتوای کلروفیل به‌واسطه کاربرد نیتروژن و متانول نسبت داد. در این زمینه، Tsuno *et al.* (1994) علت افزایش سرعت پرشدن دانه در بوته‌هایی که کود نیتروژن را دریافت کرده بودند، به غلظت بالای نیتروژن برگ در طی مرحله پرشدن دانه نسبت داده و اظهار داشتند که مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به‌ویژه دوره پرشدن دانه موجب بالا نگه‌داشتن میزان کلروفیل برگ‌های بالایی و تأخیر در پیری برگ‌ها می‌شود، که این موضوع موجب افزایش سرعت و میزان مواد فتوسنتزی در اندام‌های فتوسنتزکننده شده (Murchie *et al.*, 2002) و با افزایش مؤلفه‌های پرشدن دانه موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. از طرفی دی‌اکسیدکربن حاصل از اکسیداسیون سریع متانول، با افزایش غلظت CO_2 در بافت‌های فتوسنتزکننده، به‌دلیل بالابردن فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو و کاهش تنفس نوری (Gout *et al.*, 2000)، امکان انتقال بیش‌تر مواد فتوسنتزی از مبدأ به مقصد، طولانی‌شدن دوره پرشدن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد. Murkovic *et al.* (1996) اظهار داشتند که استفاده از کودهای زیستی از طریق تولید و ترشح برخی هورمون‌های گیاهی و نیز تغییر در نسبت آن‌ها در گیاه، بر انتقال و توزیع مجدد فرآورده‌های فتوسنتزی در داخل گیاه و سرعت پرشدن دانه‌ها مؤثر هستند. به‌نظر می‌رسد که بین باکتری و قارچ میکوریزا اثرات هم‌افزایی وجود دارد که با تأمین عناصر غذایی بیش‌تر برای گیاه، ضمن افزایش سرعت پرشدن دانه، امکان تداوم بیش‌تر دوره پرشدن دانه را نیز فراهم ساخته‌اند (Behl *et al.*, 2003). Wright *et al.* (1998) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت‌شده توسط گیاهان میکوریزایی به قارچ‌های میکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای

نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود مؤلفه‌های پرشدن دانه و عملکرد آن کمک می‌کنند.

۳. ۵. عملکرد دانه

بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۵۳۰ کیلوگرم در هکتار) در مقادیر بالایی از نیتروژن، متانول و کاربرد توأم میکوریز با ریزوبیوم به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن، متانول و کودهای زیستی) از افزایش ۱۰۳ درصدی برخوردار بود (جدول ٤). بخشی از بهبود عملکرد دانه را می‌توان به بهبود رابطه همزیستی مؤثر در کاربرد توأم کودهای زیستی با متانول و نیتروژن (شکل ۱) و بهبود مؤلفه‌های پرشدن دانه نسبت داد (شکل ۲ و جدول ٤). به‌نظر می‌رسد نیتروژن با کمک به تأخیر در پیری برگ (Tsuno *et al.*, 1994) و افزایش محتوای کلروفیل (جدول‌های ٤ تا ۷)، متانول با بالابردن غلظت CO_2 در بافت‌های فتوسنتزکننده و افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو و کاهش تنفس نوری (Gout *et al.*, 2000) و کاربرد توأم کودهای زیستی (میکوریز و ریزوبیوم) با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، امکان تداوم بیش‌تر دوره پرشدن دانه (Togay *et al.*, 2008) و افزایش تعداد و وزن گره (جدول ٤) و در نهایت بهبود عملکرد دانه را فراهم ساخته‌اند.

Albayrak *et al.* (2006) اظهار داشتند که تلقیح با باکتری رایزوبیوم منجر به افزایش ۷/٦ درصدی عملکرد دانه شد.



شکل ۲. بررسی روند تغییرات پرشدن دانه عدس تحت تأثیر سطوح مختلف از کاربرد نیتروژن و متانول و کودهای زیستی

Starling *et al.* (1998) گزارش کردند که وجود نیتروژن کافی به‌عنوان آغازگر در سویا موجب تقویت رشد رویشی گیاه شده و گیاه با آمادگی بیش‌تر به مرحله زایشی وارد شده و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. Amany (2007) اظهار داشت افزایش میزان نیتروژن قابل‌دسترس در نخود با افزایش رشد رویشی و بالابردن شاخص سطح برگ، موجب تولید ماده خشک بیش‌تر و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شود. Wright *et al.* (1998) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت‌شده توسط گیاهان میکوریزایی شده به قارچ‌های میکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود عملکرد کمک می‌کنند.

٤. نتیجه‌گیری

اختصاص مناطق با حاصلخیزی کم‌تر به زراعت دیم عدس در کشور، از دلایل اصلی کاهش عملکرد این گیاه به حساب می‌آید. در این راستا کاربرد عوامل تعدیل‌کننده تنش همچون متانول، با بالا نگه‌داشتن محتوای کلروفیل و کمک به بهبود شرایط فتوسنتزی و مؤلفه‌های پرشدن دانه و به‌کارگیری نیتروژن استارتر و کودهای زیستی با افزایش تعداد و وزن گره و بهبود رابطه همزیستی به تثبیت زیستی نیتروژن کمک نموده و در مجموع قادر شدند عملکرد دانه را به نحو قابل‌توجهی افزایش دهند.، به‌طوری‌که عملکرد دانه در کاربرد توأم ریزوبیوم با میکوریز، محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و ۵۰ کیلوگرم نیتروزن استارتر، از افزایش ۱۰۳ درصدی در مقایسه با عدم کاربرد کودهای زیستی، نیتروژن و عدم محلول‌پاشی با متانول برخوردار شد.

٥. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٦. منابع

Abtahi, S.M., Seyed Sharifi, & Qaderi, F. (2014). Influence of nitrogen fertilizer rates and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, fertilizer use efficiency, rate and effective grain filling period of soybean (*Glycine max* L.) in second cropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *3*(24), 112-124. (In Persian)

Albayrak, S., Sevimay, C.S., & Tongel, O. (2006). Effect of inoculation with rhizobium on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). *Turkish Journal of Agricultural Forestry*, *30*, 31-37.

Amany, A.B. (2007). Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, *3*(4), 220-223.

Antunes, P.M., Deaville, D., & Goss, M.J. (2006). Effect of two AMF life strategies on tripartite symbiosis with Bradyrhizobium japonicum and soybean. *Mycorrhiza*, *16*, 167-173. Doi: 10.1007/s00572-005-0028-3.

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, *23*, 112-121.

Behl, R.K., Sharma, H., Kumar, V., & Narula, N. (2003). Interaction between mycorrhiza, Azotobacter chroococcum and root characteristics of wheat varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *89*, 151-155. https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00026.x

Beck, D.P., Materon, L.A., & Afandi, F. (1993). Practical rhizobium legume technology manual, Technical Manual No: 19. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, pp. 1-54.

Bethlenfalvay, G.J, Camel, S.B., & Ferrera- Cerrato, R. (1991). Nutrient transfer between the root zones of soybean and maize plants connected by a common mycorrhizal mycelium. *Physiolgy Plant*, *82*, 423-432. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1991.tb02928.x

Chandrasekhar, B.R., Ambrose, G., & Jayabalan, N. (2005). Influence of biofertilizer and nitrogen source level on the growth and yield of Echinochloa frumentacea (Roxb.) Link. *Journal of Agricultural Technology*, *1*(2), 223 -234.

Cho, D.S., Jong, S.K., Park, Y.K., & Son, S.Y. (1987). Studies on the duration and rate of grain filling in rice (*Oryza sativa* L.). I. Varietal difference and effects of nitrogen. *Korean Journal of Crop Science*, *32*(1), 103-111.

Dawood, M.G., El-Lethy, S.R., & Sadak, M.S. (2013). Role of methanol and yeast in improving growth, yield, nutritive value and antioxidants of soybean. *World Applied Sciences Journal*, *26*(1), 6-14. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.26.01.13476

Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhizal on some physiological, growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology*, *28*, 85-90.

Ellis, R.H., & Pieta-Filho, C. (1992). The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Science Research*, *2*, 19-25. DOI: https://doi.org/10.1017/S0960258500001057

Erskine, W., Muehlbauer, F.J., & Short, R.W. (1990). Stages of Development in Lentil. *Experimental Agriculture*, *26*(3): 297-302. DOI: https://doi.org/10.1017/S0014479700018457

Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J.M., & Haselwandter, K. (2001). Mycorrhizall technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: *Mycorrhizal*. *13*, 53-54. Lovato, P. Book review.

Gout, E., Aubert, S., Bligny, R., Rebeille, F., Nonomura, A.R., Benson, A., & Douce, R. (2000) Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. *Plant Physiology*, *123*, 287-296. DOI: 10.1104/pp.123.1.287

Hadi, H., Seyed Sharifi, R., & Namvar, A. (2015). Phytoprotectants and Abiotic Stress.Urmia University. 452 pp. (In Persian).

Hossinzadeh, S.R., Salimi, A., & Ganjeali, A. (2011). Effects of methanol on morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Environmental Stresses and Crop Science*, *4*, 139-150. (In Persian)

Kaneez, F., Nazir, A.P., & Mohd, M. (2013). Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of lentil (*Lens culinaris*). *Applied Botany*, *57*, 14323-14325.

Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., & Barmaki, M. (2015). Effects of stabilizer water deficiet (biofertilizers and nano zinc oxide) on effective traits at accumulative assimilate of grain of triticale under water withholding. *Plant Ecophysiology*, *9*(28), 37-51. (In Persian)

Murchie, E.H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P., & Peng, S. (2002). Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field grown rice. *Journal of European Science*, *53*, 2217-2224. doi: 10.1093/jxb/erf064

Murkovic, M., Hillebrand, A., Winker H., & Pfannhauser, W. (1996). Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Z. Lebensm. *Unters Forsch*, *202*, 275-278. doi: 10.1007/BF01206096

Namvar , A., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Khandan, T., & Eskandarpour, B. (2011). Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield, yield components, and nodulation state of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *42*(9), 1097-1109. https://doi.org/10.1080/00103624.2011.562587

Nonomura, A.M., & Benson, A.A (1992) The path to carbon in photosynthesis: introved crop yields with methanol. Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America the Academy, *89*, 9794-9798. doi: 10.1073/pnas.89.20.9794

Noori, S.H., Kashani, A., Nabipour, M., & Mamghani, R. (2005). 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. 20-21, 2005. Ferdowsi University of Mashhad. p. 419-422. (In Persian)

Peoples, M.B., Bowman, R.R., Gault,D.F., Herridge,M.H., McCallum, K.M.,McCormick, Scammell, G.J., & Schwenke, G.D. (2001). Factors regulating the contributions of fixed nitrogen by pasture and crop legumes to different farming systems of eastern Australia. *Plant and Soil*, *228*, 29-41. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1004799703040

Ramberg, H.A., Bradly, J.S.S., Olseon, I.S/C/, Nishio, J.N., Markwell, J., & Osterman, J.C. (2002). The role of menthal in promithing plant groeth: an update, *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, *1*, 113-126.

Ronanini, D., Savin, R., & Hal, A.J. (2004). Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crop Reserch*, *83*, 79-90. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00064-9

Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., & Prasad, R.D. (2005) Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecological*, *28*, 139-146. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.07.005

Sarker, A., & Kumar, S. (2011). Lentils in production and food systems in west Asia and Africa. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. *Grain Legume*, 57, 46-48.

Seiedi, M.N., & Seyed Sharifi, R. (2014). The effects of seed inoculation with rhizobium and nitrogen application on yield and some agronomic characterstics of soybean (*Glycine max* L.) under Ardabil condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *11*(4), 618-628. (In Persian)

Sepetoglu, H. (2002). Grain Legumes. Department of Field Crops, Faculty of Agric, Univ of Ege Pupl. 24/4, Izmir, Turkey.

Seyed Sharifi, R., Abtahi, S.M., & Ghaseminegad, P. (2016). Integrated fertilization systems effects on yield, nodulation state and fatty acids composition of soybean. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *86*(6), 51-60.

Seyed Sharifi, R., & Namvar, A. (2016). Biofertilizers in Agronomy. University of Mohaghrgh Ardabili press. 282 p. (In Persian)

Seyed Sharifi, R. (2016). Application of biofertilizers and zinc increases yield, nodulation and unsaturated fatty acids of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Zemdirbyste-Agriculture*, *3*(103), 73-78. DOI : 10.13080/z-a.2016.103.032

Seyed Sharifi1, R., & Seyed Sharifi, R. (2019). Effects of different irrigation levels, methanol application, and nano iron oxide on yield and grain filling components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), *Journal of Crops Improvement*, *21* (1), 27-42. DOI: 10.22059/JCI.2018.264647.2079

Simova-Stoilova, L., Demirevska, K., Petrova, T., Tsenov, N., & Feller, U. (2008) Antioxidative protection in wheat varieties under severe recoverable drought at seedling stage. *Plant Soil Environment*, *54*, 529-536. DOI: 10.17221/427-PSE

Soltani, A. (1998). Application of SAS statistical analysis (in Agriculture). Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 188 pp. (In Persian)

Starling, M.E, Wood, C.W., & Weaver, D.B. (1998). Starter nitrogen and growth habit effects on late-planted soybean. *Agronomy Journal*, *90*, 658-662.

Tsuno, Y., Yamaguchi, T., & Nakano, J. (1994). Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. Bull. Faculty of Agricultural. Tottori University, *47*, 1-10.

Walley, F.L., Boahen, S. G., Hnatowich, K., & Stevenson, C. (2005). Nitrogen and phosphorus fertility management for desi and kabuli chickpea. *Canadian Journal of Plant Science*, *85*, 73-79.

Wang, Y., & Oyaizu, H. (2009). Evaluation of the phytoremediation potential of four plant species for dibenzofuran-contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 168(2), pp.760-764. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.02.082

Werner, D., & Newton, W.E. (2005). Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and environment. Published by Springer. pp: 347.

Wright, D.P., Scholes, J.D., & Read, D.J. (1998). Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. *Plant, Cell and Environment*, *21*, 209-216. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1998.00280.x