

Enhancement of plant growth and yields in chickpea (*Cicer arietinum* L.) desi type in response to seed priming and bio-fertilizer applications

Ali Taheri¹, Mohammad Kafi^{2*}, Jafar Nabati¹, and Ahmad Nezami²,

1,2. Department of Agrothechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

3. Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

(Received: August 28, 2021 - Accepted: November 3, 2021)

ABSTRACT

Due to the importance of chickpeas in human nutrition, this experiment was conducted as split-plot based on complete randomized block design with three replications in 2018 at the research farm of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Treatments were combination of seed priming, fertilizer levels and chickpea genotypes. Fertilizers levels included: 1-seed priming + free-living nitrogen-fixing bacteria, phosphate solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria(P+BF), 2-Application of free-living nitrogen-fixing bacteria, phosphate solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria(BF), 3-Pre-planting application of free-living nitrogen-fixing bacteria+foliar application of amino acids, potassium and silicium during growth period(BF+F), 4-Seed priming+pre-planting application of free-living nitrogen-fixing bacteria, phosphate solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria + foliar application of amino acids, potassium and silicium during growth period (P+BF+F) and 5-Control (non-fertilized). Fertilizers were considered as main plots and chickpea genotypes (MCC911, MCC603, MCC291, MCC259 and MCC83) were sub-plots. Results indicated that MCC291 in P+BF+F and MCC83 in BF+F had the highest concentration of Chlorophyll a. The highest plant height was found in MCC259 and MCC911 in BF and MCC83 in P+BF+F. MCC259 and MCC911 in F showed the highest height of the first pod. The highest numbers of pods per plant and 100-seed weight were recorded in MCC83 in P+BF+F. The highest seed yield (233, 212 and 206 g.m⁻²) was found in MCC259 in P+BF and P+BF+F and MCC911 in BF+F, respectively. Therefore, according to the obtained yields, it could be concluded that the biological fertilizers combination treatments improved plant growth and consequently chickpea yield in Mashhad area.

Keywords: Amino acids, foliar application, free-living bacteria, silicium, solubilizing bacteria

بهبود رشد و عملکرد نخود دسی (*Cicer arietinum* L.) در پاسخ به کاربرد کودهای زیستی

علی طاهری^۱، محمد کافی^{۲*}، جعفر نباتی^۱، احمد نظامی^۲

۱-۲- دانشجو و استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۳- استادیار، گروه بقولات، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۲)

چکیده

با توجه به اهمیت نخود در تامین نیاز پروتئینی، این مطالعه به صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای تغذیه‌ای شامل: ۱- پرایمینگ بذر با اسیدسالیسیلیک همراه با کاربرد باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم در خاک (P+BF)، ۲- کاربرد باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم (BF)، ۳- کاربرد باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت همراه با محلول‌پاشی اسیدآمین، پتاسیم و سیلیسیم در مراحل رشد (BF+F)، ۴- پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت همراه با محلول‌پاشی اسیدآمین، پتاسیم و سیلیسیم در مراحل رشد (P+BF+F) و ۵- شاهد (بدون تغذیه) به عنوان کرت اصلی و ژنوتیپ‌های نخود دسی (MCC911، MCC603، MCC291، MCC259، MCC83) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ MCC291 در P+BF+F و ژنوتیپ MCC83 در BF+F بیشترین غلظت کلروفیل a را دارا بودند و ژنوتیپ‌های MCC259، MCC911 در BF و MCC83 در P+BF+F بیشترین ارتفاع بوته را تولید کردند. ژنوتیپ‌های MCC259، MCC911 در P+BF+F بیشترین ارتفاع اولین غلاف و ژنوتیپ MCC83 در P+BF+F بیشترین تعداد غلاف و وزن صد دانه را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ MCC259 در P+BF و P+BF+F و ژنوتیپ MCC911 در BF+F به ترتیب با ۲۳۳، ۲۱۲ و ۲۰۶ گرم در مترمربع، بیشترین عملکرد دانه تولید کردند. در کل و با توجه به عملکردهای به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای ترکیبی، موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد نخود شده است.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمین، باکتری حل‌کننده، باکتری آزادی، سیلیسیم، محلول‌پاشی

* Corresponding author E-mail: m.kafi@um.ac.ir

مقدمه

(Corbineau & Come, 2006). در پژوهشی، پرایم بذر نخود سبب افزایش ۴۷ درصدی عملکرد شد (Musa *et al.*, 2001).

کودهای زیستی از جمله باکتری‌های حل‌کننده فسفات، با افزایش دوام سطح برگ، موجب استفاده کارآمدتر از انرژی خورشیدی و افزایش فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد در گیاه می‌شود. توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه در جذب بهتر آب و مقابله با تنش آبی تاثیر گذار است (Alijani *et al.*, 2011). کودهای زیستی به‌عنوان یک روش اکولوژیک برای زنده و فعال نگه‌داشتن ریز موجودات خاک مطرح است و به‌علاوه سبب بهبود کیفیت، کمک به تنوع زیستی و حفظ بهداشت محیط‌زیست می‌شوند (Courtney & Mullen, 2008). کودهای زیستی شامل انواع میکروارگانیسم‌های آزادی و همزیست است که می‌توانند عناصر تغذیه‌ای را به شکل قابل‌دسترس تبدیل کنند. از جمله مهم‌ترین کودهای زیستی می‌توان به باکتری‌های حل‌کننده فسفات و پتاسیم و نیز باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن اشاره کرد. نیتروژن مهم‌ترین عنصر مورد نیاز برای گیاه است که نقش عمده‌ای در فرآیندهای حیاتی گیاه و رشد و نمو به عهده دارد؛ نیتروژن به اشکال آمونیوم، نیترات و اوره قابل جذب می‌باشد.

باکتری‌های حل‌کننده فسفات و پتاسیم می‌توانند به‌عنوان یک کود زیستی قابل اعتماد مورداستفاده قرار گیرند. باکتری‌های حل‌کننده فسفات قادرند در منطقه رایزوسفر فعالیت کنند و با کمک ترشحات ریشه، ترکیب‌های نامحلول فسفات مانند تری کلسیم فسفات را به‌صورت محلول و قابل جذب برای ریشه تبدیل کنند (Khan *et al.*, 2009). ریز موجودات حل‌کننده پتاسیم نیز قادرند پتاسیم موجود در خاک را از طریق تولید و ترشح اسیدهای آلی به حالت محلول تبدیل کنند (Sturz & Christie, 2003). استفاده از کودهای زیستی فسفاته در شرایط کم آبیاری، با توسعه بر سیستم ریشه، موجب تعدیل اثرات تنش خشکی در نخود شد (Rabieyan *et al.*, 2010).

حبوبات منبع مهمی از کربوهیدرات، کلسیم، آهن و به‌ویژه پروتئین می‌باشند و بعد از غلات، دومین منبع تغذیه‌ای بشر محسوب می‌شوند (Gaur *et al.*, 2010). هم چنین به دلیل توانایی تثبیت زیستی نیتروژن توسط باکتری‌های همزیست و نیز به دلیل درصد پروتئین بالا، جایگاه مهمی در تناوب زراعی دارند (Carranca *et al.*, 1999). نخود (*Cicer arietinum* L.)، گیاهی از خانواده بقولات است که دانه آن حاوی حدود ۲۳ درصد پروتئین، ۶۳/۵ درصد کربوهیدرات و همچنین غنی از کلسیم و منگنز است (Mudryj *et al.*, 2014). در بین حبوبات، نخود جایگاه سوم را بعد از لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و باقلا (*Vicia faba*) از نظر سطح زیر کشت در جهان دارد (FAO, 2017). حدود ۹۰ درصد از نخود جهان در شرایط دیم تولید می‌شود و این گیاه پس از گندم (*Triticum aestivum*)، مهم‌ترین محصول دیم‌زارهای ایران محسوب می‌شود (Onyari *et al.*, 2003).

با توجه به این‌که بخش اعظمی از کشت نخود در شرایط دیم صورت می‌گیرد، به دلیل عدم پیش‌بینی مقدار بارندگی‌ها در مواقعی که بارندگی کافی نیست، استفاده از کودهای شیمیایی، افزایش سطح برگ و متعاقب آن کاهش ذخیره رطوبتی خاک را به دنبال دارد و در نتیجه سبب ایجاد تنش خشکی در فصل رسیدگی گیاه و کاهش عملکرد محصول می‌شود (Krishnamurthy *et al.*, 2003). به‌نظر می‌رسد که استفاده از روش‌های جایگزین تغذیه مانند استفاده از کودهای زیستی و ترکیب‌های ضد تنش و همچنین پرایمینگ بذر می‌تواند در این شرایط مفید واقع شود. جوانه‌زنی، اولین مرحله رشد و نمو است که از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. علاوه بر جوانه‌زنی، سرعت و یکنواختی جوانه‌زدن و سبز شدن نیز از مولفه‌های مهم کیفیت بذر می‌باشند (Galeshi *et al.*, 2001). از جمله مهم‌ترین تیمارهای افزایش دهنده قدرت جوانه‌زنی بذر می‌توان به پرایمینگ اشاره داشت. پرایمینگ از طریق افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، موجب بهبود کارایی بذر می‌شود

تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل آزمایش شامل تیمارهای مختلف کود زیستی به‌عنوان کرت اصلی و ژنوتیپ‌های نخود دسی (MCC911، MCC603، MCC259، MCC83 و MCC291) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. ژنوتیپ‌های مورد استفاده از مطالعات مقدماتی تحمل به سرما انتخاب شدند (جدول ۱).

استفاده از ترکیب‌های ضد تنش، نیز یکی دیگر از راهکارها برای کاهش اثرات زیان‌آور تنش خشکی در شرایط دیم محسوب می‌شود. یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین عناصر و ترکیب‌ها که امروزه مورد توجه قرار گرفته است، سیلیسیم می‌باشد؛ سیلیسیم دومین عنصر فراوان موجود در پوسته زمین است، ولی به دلیل آن‌که در دسته عناصر ضروری برای رشد قرار ندارد، نقش‌های فیزیولوژیک آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در یک بررسی، محلول‌پاشی سیلیسیم بر اندام‌های هوایی رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، سبب کاهش اثرات تنش خشکی و اکسیداتیو شد (Musapour & Asgharipour, 2016).

این پژوهش باهدف به حداقل رساندن مصرف کودهای شیمیایی رایج در کشت دیم نخود دسی و بررسی امکان جایگزین کردن آن با کودهای زیستی در مزرعه

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد مطالعه به همراه منشأ آن‌ها

Table 1. Characteristics of the studied chickpea genotypes with their origin

Genotype	Origin	Type
MCC†83	ICARDA	Deci
MCC259	IRAN	Deci
MCC291	ICARDA	Deci
MCC603	IRAN	Deci
MCC911	IRAN	Deci

†کلکسیون نخود مشهد

†MCC: Mashhad Chickpea Collection

همراه محلول‌پاشی اسیدآمین، پتاسیم و سیلیسیم در مراحل رشد و ۵- شاهد (بدون تغذیه) بود. باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، مجموعه‌ای از سویه‌های *Azotobacter sp.*، *Azospirillum sp.*، *Bacillus sp.*، باکتری‌های حل‌کننده فسفات مجموعه‌ای از سویه‌های *Bacillus sp.* و *Pseudomonas sp.* و باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم مجموعه‌ای از سویه‌های *Bacillus sp.* و *Pseudomonas* بودند که بومی ایران هستند و توسط شرکت دانش‌بنیان زیست فناور خوشه از نقاط مختلف کشور جمع‌آوری و تکثیر شدند. از هر یک از باکتری‌ها قبل از کاشت در کرت‌های موردنظر به مقدار پنج لیتر در هکتار با تراکم جمعیت باکتری 10^7 سلول در میلی‌لیتر مایه تلقیح روی سطح خاک محلول‌پاشی و با خاک مخلوط شدند. محلول‌پاشی با اسیدآمین (۱۰۰۰

تیمارهای تغذیه‌ای شامل ۱- پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (نیتروباکتر دایان)، باکتری حل‌کننده فسفات (فسفوپاورباکتر دایان) و باکتری حل‌کننده پتاسیم (پتاپاورباکتر دایان) قبل از کاشت، ۲- استفاده از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت، ۳- پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت به همراه محلول‌پاشی اسیدآمین (آمینووافر دایان)، پتاسیم (پتاس وافر دایان) و سیلیسیم (سیلیکون دایان) در مراحل رشد، ۴- استفاده از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت به

اندازه‌گیری شد (جدول ۲). فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۶/۵ سانتی‌متر (تراکم ۳۰ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد. هر کرت شامل چهار ردیف سه متری بود و بین بلوک‌ها نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد و بذرها در دهه اول اسفندماه روی خطوط کاشت در عمق دو سانتی‌متری کشت شدند. کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی صورت گرفت. آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد و در مرحله گلدهی نیز یک آبیاری تکمیلی انجام شد.

پی‌پی‌ام) در مرحله قبل از گلدهی و در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام شد و محلول‌پاشی با پتاسیم (یک در هزار) و سیلیسیم (۱/۵ در هزار) در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام شد. جهت پرایمینگ بذرها از ترکیب اسید سالیسیلیک (آبنوش بذر دایان چهار پی‌پی‌ام) به مدت پنج ساعت استفاده شد و پس از خشک کردن بذرها در دمای محیط، جهت کشت آماده شدند. قبل از کاشت، از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و میزان عناصر شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (صفر-۳۰ سانتی‌متری)

Table 2. Physiochemical properties of the soil (0-30 cm)

Texture	Electrical Conductivity (dSm ⁻¹)	Soil Acidity (pH)	Available Potassium (mg.kg ⁻¹)	Available Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	Total Nitrogen (%)	Organic Carbon (%)
Laom	2.88	7.41	120	12	0.063	0.61

سه بوته که به‌طور تصادفی از کرت برداشت شدند، تعیین شدند. همچنین به‌منظور تعیین زیست‌توده و عملکرد دانه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌های دو ردیف وسط هر کرت برداشت و پس از خشک شدن در هوای آزاد، وزن آن‌ها تعیین شد. شاخص برداشت با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد:

معادله (۳) $100 \times (\text{زیست‌توده} / \text{وزن دانه}) = \text{شاخص برداشت}$

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برنامه تغذیه‌ای، ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها بر غلظت کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۳). ژنوتیپ MCC291 در تیمار پرایمینگ بذر و کودهای زیستی همراه با محلول‌پاشی و ژنوتیپ MCC83 در تیمار کودهای زیستی همراه با محلول‌پاشی، بیشترین غلظت کلروفیل a دارا بودند (جدول ۴). در ژنوتیپ MCC83، کاربرد کودهای

در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، میزان رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی برگ اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از روش Dere et al. (1998) استفاده شد. برای این منظور، رنگ‌دانه‌ها با استفاده از اتانول ۹۶ درصد از ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه از برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته استخراج شدند. میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۸ و ۶۶۴ نانومتر انجام شد و بر اساس معادله‌های (۱ و ۲)، غلظت کلروفیل‌های a و b محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت رنگ‌دانه‌ها، از جمع غلظت کلروفیل برگ استفاده شد؛ همچنین نسبت کلروفیل a به b نیز محاسبه شد.

$$\text{Chla} = 13.36 \times A_{664} - 5.19 \times A_{648} \quad (1) \text{ معادله}$$

$$\text{Chlb} = 27.43 A_{648} - 8.12 A_{664} \quad (2) \text{ معادله}$$

در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، سطح سبز پنج گیاه توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Delta-T، کشور انگلستان) تعیین شد. در انتهای فصل رشد و قبل از برداشت، صفات مورفولوژیک نظیر ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف و تعداد شاخه‌های فرعی ثبت شد. اجزای عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، درصد غلاف بارور، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه با استفاده از

MCC911 با وجود بیشتر بودن این صفت در اغلب تیمارها نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. از سوی دیگر، در دو ژنوتیپ‌های MCC259 و MCC603 بیشترین غلظت کلروفیل a در تیمار شاهد مشاهده شد و استفاده از برنامه تغذیه‌ای، تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳).

زیستی همراه محلول‌پاشی، سبب افزایش ۹۸ درصدی غلظت کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد شد و سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد از غلظت کلروفیل a کمتری برخوردار بودند. در ژنوتیپ MCC291 تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، افزایش معنی‌دار غلظت کلروفیل a (۲/۴۵ برابر) را نسبت به شاهد به دنبال داشت (جدول ۴). در ژنوتیپ

جدول ۳- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال اثر برنامه‌های تغذیه‌ای بر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و سطح سبز ژنوتیپ‌های نخود دسی.

Table 3. Source of variation, degree of freedom and probability levels of the effect of nutrition programs on photosynthesis pigment and green area index (GAI) in chickpea desi genotypes

S.O.V	df	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll a/b	Total pigments	GAI
Block	2	0.137 ^{ns}	0.007 [*]	0.451 ^{ns}	0.016 [*]	0.389 ^{ns}
Nutrition program (N)	4	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.140 ^{ns}	0.001 ^{**}	0.030 ^{ns}
Error a	8	-	-	-	-	-
Genotype (G)	4	0.001 ^{**}	0.074 ^{ns}	0.064 ^{ns}	0.016 [*]	0.001 ^{**}
G×N	16	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.111 ^{ns}
Error	40	-	-	-	-	-
CV%		15.6	12.9	9.8	13.1	27.6

ns, *, **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. CV: ضریب تغییرات.

Ns, * and **: non significant and significant at 5 and 1% of probability levels, CV: Coefficient of Variation.

سوی دیگر در دو ژنوتیپ‌های MCC259 و MCC603، بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار شاهد مشاهده شد و استفاده از منابع تغذیه‌ای مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴).

اثر برنامه تغذیه‌ای، ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها بر غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی معنی‌دار بود (جدول ۳). ژنوتیپ MCC291 در تیمار پرایمینگ بذر، کود زیستی همراه با محلول‌پاشی و ژنوتیپ MCC83 در تیمار کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، بیشترین غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی را دارا بودند (جدول ۴). تغییرات غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ MCC83 به شکلی بود که کاربرد کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، سبب افزایش ۹۸ درصدی این ویژگی نسبت به تیمار شاهد شد و سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد از غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی کمتری برخوردار بودند (جدول ۴). در ژنوتیپ MCC291، تنها تیمار پرایمینگ بذر، کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، سبب افزایش معنی‌دار غلظت کل رنگ‌دانه‌های

نتایج نشان داد که اثر برنامه‌های تغذیه‌ای و برهمکنش برنامه تغذیه‌ای و ژنوتیپ بر غلظت کلروفیل b معنی‌دار بود (جدول ۳). ژنوتیپ MCC291 در تیمار پرایمینگ بذر، کود زیستی همراه با محلول‌پاشی و ژنوتیپ MCC83 در تیمار کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، بیشترین غلظت کلروفیل b دارا بودند (جدول ۴). تغییرات غلظت کلروفیل b در ژنوتیپ MCC83 به شکلی بود که کاربرد کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، سبب افزایش ۵۰ درصدی غلظت کلروفیل b نسبت به تیمار شاهد شد و سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد از غلظت کلروفیل b کمتری برخوردار بودند (جدول ۴). در ژنوتیپ MCC291 تیمار پرایمینگ بذر، کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، افزایش معنی‌دار غلظت کلروفیل a (۲/۴۵ برابر) را نسبت به شاهد به دنبال داشت (جدول ۴). میزان تغییرات غلظت کلروفیل b در ژنوتیپ MCC911 به گونه‌ای بود که با وجود بیشتر بودن این صفت در تمامی تیمارها نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۴). از

فتوسنتزی نسبت به شاهد شد و تفاوت بین تیمار پرایمینگ بذر، کود زیستی همراه با محلول پاشی با تیمار شاهد ۱/۱ برابر بود (جدول ۴). میزان تغییرات غلظت کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ MCC911 به گونه‌ای بود که با وجود بیشتر بودن مقدار این صفت در تمامی تیمارها نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۴). از سوی دیگر در دو ژنوتیپ MCC259 و MCC603، بیشترین غلظت کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در تیمار شاهد مشاهده شد و استفاده از منابع تغذیه‌ای مورد آزمایش، تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴).

جدول ۴- اثر برنامه‌های تغذیه‌ای بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و سطح سبز ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی.

Parameters	Nutrition program	MCC83	MCC259	MCC291	MCC603	MCC911
Chlorophyll a (mg.gFW ⁻¹)	Control	0.200 ^{cd}	0.297 ^{bc}	0.205 ^{cd}	0.259 ^{cd}	0.171 ^d
	P+BF+F	0.169 ^d	0.172 ^d	0.502 ^a	0.255 ^{cd}	0.219 ^{cd}
	BF+F	0.396 ^{ab}	0.198 ^{cd}	0.209 ^{cd}	0.155 ^d	0.163 ^d
	P+BF	0.164 ^d	0.156 ^d	0.166 ^d	0.235 ^{cd}	0.192 ^{cd}
	BF	0.145 ^d	0.253 ^{cd}	0.206 ^{cd}	0.186 ^{cd}	0.252 ^{cd}
Chlorophyll b (mg.gFW ⁻¹)	Control	0.550 ^{c-h}	0.742 ^{a-c}	0.458 ^{d-h}	0.636 ^{b-d}	0.422 ^{d-h}
	P+BF+F	0.432 ^{d-h}	0.429 ^{d-h}	0.880 ^a	0.559 ^{e-f}	0.559 ^{c-h}
	BF+F	0.830 ^{ab}	0.454 ^{d-h}	0.501 ^{d-h}	0.399 ^{e-h}	0.399 ^{e-h}
	P+BF	0.358 ^{gh}	0.340 ^h	0.412 ^{d-h}	0.457 ^{c-g}	0.457 ^{d-h}
	BF	0.369 ^{f-h}	0.603 ^{b-e}	0.516 ^{c-h}	0.575 ^{d-h}	0.575 ^{c-g}
Chlorophyll a/b	Control	0.356 ^b	0.399 ^b	0.443 ^{ab}	0.407 ^b	0.405 ^b
	P+BF+F	0.392 ^b	0.401 ^b	0.573 ^a	0.431 ^b	0.392 ^b
	BF+F	0.478 ^{ab}	0.434 ^{ab}	0.432 ^b	0.398 ^b	0.409 ^b
	P+BF	0.445 ^{ab}	0.458 ^{ab}	0.403 ^b	0.410 ^b	0.418 ^b
	BF	0.393 ^b	0.421 ^b	0.399 ^b	0.408 ^b	0.436 ^{ab}
Total pigments (mg.gFW ⁻¹)	Control	0.751 ^{c-g}	1.039 ^{bc}	0.663 ^{d-g}	0.896 ^{b-d}	0.593 ^{d-g}
	P+BF+F	0.601 ^{d-g}	0.601 ^{d-g}	1.382 ^a	0.848 ^{c-f}	0.777 ^{c-g}
	BF+F	1.226 ^{ab}	0.653 ^{d-g}	0.710 ^{c-g}	0.543 ^{c-g}	0.562 ^{c-g}
	P+BF	0.521 ^{fg}	0.495 ^g	0.577 ^{d-g}	0.807 ^{c-g}	0.649 ^{d-g}
	BF	0.514 ^g	0.855 ^{c-e}	0.721 ^{c-g}	0.647 ^{d-g}	0.827 ^{c-g}

پرایمینگ (P)، کود زیستی (BF) و محلول پاشی (F). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت، اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار، ندارند. MCC: کلکسیون نخود مشهد (بانک بذر نخود پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد).

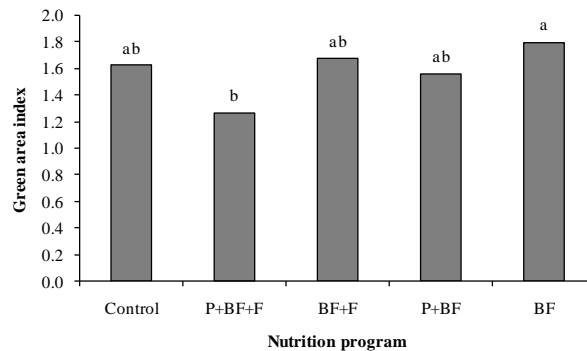
Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F). Means with at least one similar letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) based on last significant difference test (LSD). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

درصد ماده خشک پروتوپلاسم را تشکیل می‌دهد و این ماده تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه و پیوندهای پروتئین‌ها است. نیتروژن به‌عنوان ماده اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل، نقش مهمی در استفاده از انرژی نوری جذب‌شده و متابولیسم کربن فتوسنتزی دارد. از طرفی اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش سازها و ترکیب‌های پروتئین در نظر گرفته می‌شوند (Sh Sadak et al., 2015) که برای تحریک رشد سلولی مهم هستند. آن‌ها حاوی اسید و گروه‌های اصلی هستند و به‌عنوان بافر عمل می‌کنند که به حفظ مقدار مطلوب pH در سلول‌های گیاهی کمک می‌کنند. در

ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی مورد مطالعه، از نظر شاخص سطح سبز با هم تفاوت معنی‌داری اشتند، ولی اثر برنامه‌های تغذیه‌ای و برهمکنش برنامه‌های تغذیه‌ای و ژنوتیپ بر شاخص سطح سبز معنی‌دار نبود (جدول ۳). ژنوتیپ MCC911 در تیمار کود زیستی، بیشترین شاخص سطح سبز را دارا بود (جدول ۴).

وجود باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و همچنین باکتری‌های حل‌کننده فسفر و پتاسیم، موجب بهبود شرایط خاک از نظر عناصر تغذیه‌ای می‌شود. بهبود میزان عناصر خاک، موجب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی خواهد شد، به طوری که نیتروژن ۴۰ تا ۵۰

مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که واکنش ژنوتیپ‌ها به برنامه‌های تغذیه‌ای متفاوت بود، اما در بسیاری از ژنوتیپ‌ها، پرایمینگ بذر با مصرف باکتری‌ها قبل از کشت همراه با محلول‌پاشی اسیدآمین، پتاسیم و سیلیسیم در مراحل رشد، موجب بهبود رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شد.



شکل ۱- اثر برنامه‌های تغذیه‌ای بر شاخص سطح سبز در ژنوتیپ‌های نخود دسی. پرایمینگ (P)، کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F).

Figure 1. Effect of nutrition programs on green area index in chickpea desi genotypes. Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F)

به تیمار شاهد شد و سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد از غلظت کمتری برخوردار بودند (جدول ۵). از سوی دیگر در ژنوتیپ‌های MCC911، MCC291، MCC603، MCC259، بیشترین میزان ارتفاع بوته در تیمار کود زیستی نسبت به شاهد مشاهده شد، ولی با این وجود، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۵).

اثر برنامه تغذیه‌ای، ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۵). ژنوتیپ‌های MCC259، MCC911 در تیمار کود زیستی و MCC83 در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، بیشترین میزان ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). تغییرات ارتفاع بوته بین تیمارها در ژنوتیپ MCC83 به شکلی بود که کاربرد کود زیستی همراه محلول‌پاشی، سبب افزایش ۱۷ درصدی نسبت

جدول ۵- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال اثر برنامه تغذیه‌ای بر صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های نخود دسی.

Table 5. Source of variation, degree of freedom and probability levels of effect of nutrition programs on measured traits of chickpea desi genotypes

S.O.V	df	Plant height	Lowest pod height	Branch No.	Biomass	Pod No. Plan
Block	2	0.572 ^{ns}	0.070 ^{ns}	0.132 ^{ns}	0.232 ^{ns}	0.197 ^{ns}
Nutrition program (N)	4	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.035 [*]	0.007 [*]
Error a	8	-	-	-	-	-
Genotype (G)	4	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.002 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}
N×G	16	0.001 ^{**}	0.002 ^{**}	0.054 ^{ns}	0.122 ^{ns}	0.013 ^{**}
Error	40	-	-	-	-	-
CV%		4.7	9.5	9.1	19.5	16

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. CV: ضریب تغییرات. Ns، * and **: non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively. CV: Coefficient of Variation.

MCC911 در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، بیشترین میزان ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین را دارا بودند (جدول ۵). تغییرات

نتایج نشان داد که اثر برنامه‌های تغذیه‌ای، ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها بر ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک معنی‌دار بود (جدول ۵). ژنوتیپ‌های MCC259

ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک در برداشت مکانیزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعات نشان داده است که استفاده از کودهای زیستی و جایگزین کردن آن با کودهای شیمیایی رایج، بر فاصله اولین غلاف از سطح خاک تأثیر معنی‌داری داشته است (Mansurghanai *et al* 2016). همچنین بر اساس نتایج پژوهش‌ها، استفاده از کودهای زیستی به‌خصوص نیتروژن، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه و به متعاقب آن افزایش ارتفاع نخستین غلاف از سطح می‌شود (Vessey, 2003). در مطالعه حاضر، به‌نظر می‌رسد که واکنش ژنوتیپ‌ها به برنامه‌های تغذیه‌ای، مثبت بوده است و در بسیاری از ژنوتیپ‌ها، مصرف باکتری‌ها قبل از کشت همراه با محلول‌پاشی اسیدآمین، پتاسیم و سیلیسیم در مراحل رشد، موجب افزایش ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک شد.

ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک در ژنوتیپ MCC83 به شکلی بود که علی‌رغم بیشتر بودن این صفت در تمامی تیمارها نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۶). در ژنوتیپ MCC911، MCC259، بیشترین میزان ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی مشاهده شد؛ با این وجود، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نسبت به شاهد مشاهده نشد (جدول ۵). در ژنوتیپ MCC291 تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد به دنبال داشت (جدول ۶). از سوی دیگر در ژنوتیپ MCC603، بیشترین میزان ارتفاع اولین غلاف از سطح در خاک در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۶- برهمکنش برنامه تغذیه‌ای و ژنوتیپ‌های نخود دسی در صفات مورد مطالعه

Table 6. Intraction effects of nutrition programs and chickpea desi genotypes on measured traits

Parameters	Nutrition	MCC83	MCC259	MCC291	MCC603	MCC911
Plant height (cm)	Control	38.0 ^{b-g}	42.7 ^{ab}	33.2 ^{f-h}	33.9 ^{e-g}	42.2 ^{ab}
	P+BF+F	44.6 ^a	41.3 ^{a-c}	35.1 ^{d-h}	33.6 ^{e-g}	40.2 ^{a-d}
	BF+F	36.7 ^{b-h}	39.2 ^{a-f}	35.7 ^{e-h}	32.1 ^{gh}	42.5 ^{ab}
	P+BF	35.3 ^{c-h}	39.2 ^{a-f}	31.2 ^h	33.6 ^{e-g}	40.9 ^{a-d}
	BF	37.9 ^{b-g}	44.4 ^a	35.8 ^{e-h}	34.9 ^{d-h}	45.0 ^a
Lowest pod height (cm)	Control	16.9 ^{a-i}	19.1 ^{a-g}	14.9 ^{e-i}	15.0 ^{e-i}	20.3 ^{a-e}
	P+BF+F	19.8 ^{a-f}	22.2 ^a	20.2 ^{a-e}	14.5 ^{f-i}	21.9 ^a
	BF+F	15.7 ^{e-i}	18.4 ^{a-h}	18.4 ^{a-h}	12.1 ⁱ	21.0 ^{a-d}
	P+BF	17.4 ^{a-i}	21.4 ^{a-c}	13.9 ^{e-i}	13.0 ^{h-i}	20.8 ^{a-d}
	BF	17.4 ^{a-i}	18.6 ^{a-h}	16.4 ^{b-i}	12.9 ^{h-i}	17.4 ^{a-i}
Pod No. Plant ⁻¹	Control	50.6 ^{a-c}	53.6 ^{a-c}	45.0 ^{bc}	73.3 ^{ab}	60.0 ^{a-c}
	P+BF+F	64.3 ^{a-c}	63.4 ^{a-c}	42.0 ^c	59.3 ^{a-c}	39.0 ^c
	BF+F	80.8 ^a	62.0 ^{a-c}	41.1 ^c	61.3 ^{a-c}	60.1 ^{a-c}
	P+BF	48.8 ^{bc}	49.0 ^{bc}	39.0 ^c	60.0 ^{a-c}	46.0 ^{bc}
	BF	43.8 ^{bc}	56.8 ^{a-c}	43.0 ^{bc}	64.5 ^{a-c}	49.0 ^{bc}

پرایمینگ (P)، کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت، اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار، ندارند. MCC: کلکسیون نخود مشهد (بانک بذر نخود پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد).

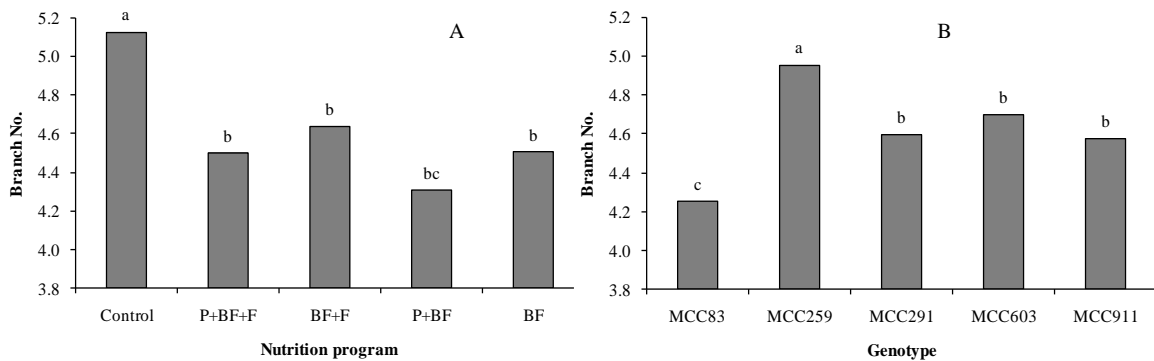
Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F). Means with at least one similar letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) based on last significant difference test (LSD). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

معنی‌دار نبود (جدول ۵). تیمارهای تغذیه‌ای موجب کاهش تعداد شاخه در بوته شد، به‌طوری‌که تیمار شاهد دارای بیشترین تعداد شاخه در بوته بود (شکل

نتایج حاکی از آن بود که اثر برنامه تغذیه‌ای و ژنوتیپ بر تعداد شاخه در بوته معنی‌دار بود و از طرف دیگر، برهمکنش کود زیستی و ژنوتیپ از نظر این صفت

آن، سهم جوانه‌های جانبی نیز از مواد فتوسنتزی افزایش پیدا می‌کند (Danesh Shahraki *et al.*, 2008)؛ بنابراین سبب افزایش سنتز هورمون‌های رشد و تحریک‌کننده جوانه‌های جانبی می‌شود که موجبات افزایش شاخه را فراهم می‌آورد. از طرفی دیگر، عدم تأثیر کودهای زیستی بر تعداد شاخه نیز گزارش شده است (Safa Pour *et al.*, 2010).

(۲A). در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، MCC259 بیشترین تعداد شاخه در بوته را تولید کرد که تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت (شکل ۲B). کودهای زیستی سبب افزایش تعداد شاخه در نخود می‌شود (Izadi Darbandi *et al.*, 2019). به نظر می‌رسد که کودهای زیستی از طریق فراهمی عناصر تغذیه‌ای، رشد رویشی گیاه را بهبود می‌بخشد که در نتیجه آن، سطح فتوسنتزی افزایش می‌یابد و متعاقب

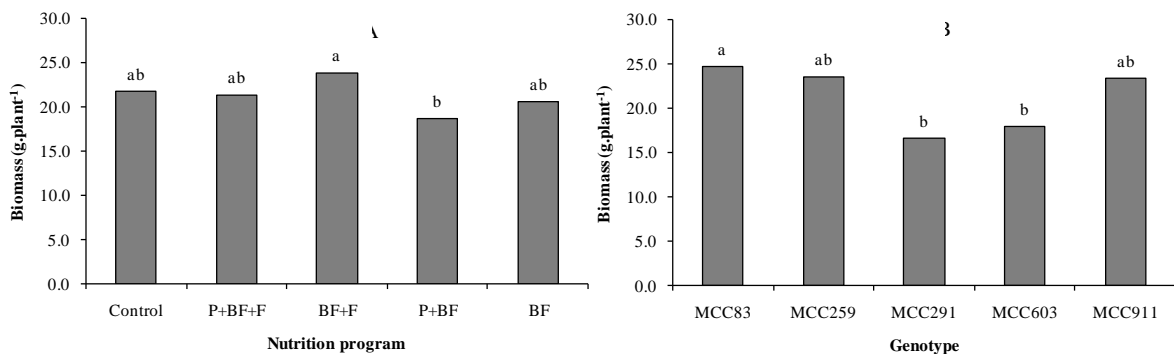


شکل ۲- اثر برنامه‌های تغذیه‌ای (A) و ژنوتیپ‌های نخود دسی (B) بر تعداد شاخه در بوته. پرایمینگ (P)، کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F): MCC: کلکسیون نخود مشهد (بانک بذر نخود پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد).

Figure 2. Effect of nutrition program (A) and genotype (B) on number of branches in chickpea desi genotypes. Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

شاهد، ۹/۵ درصد افزایش داشت (شکل ۳A). در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین و کمترین وزن خشک تک بوته به ترتیب مربوط به MCC83 و MCC291 با اختلاف ۴۹ درصد تعلق داشت (شکل ۳B).

اثر برنامه تغذیه‌ای و ژنوتیپ بر وزن خشک تک بوته معنی‌دار بود و از طرف دیگر، برهمکنش کود زیستی در ژنوتیپ از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). کاربرد کودهای زیستی همراه محلول‌پاشی، بیشترین وزن خشک تک بوته را دارا بود و نسبت به تیمار



شکل ۳- اثر برنامه‌های تغذیه‌ای (A) و ژنوتیپ‌های نخود دسی (B) بر خشک تک بوته. پرایمینگ (P)، کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F): MCC: کلکسیون نخود مشهد (بانک بذر نخود پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد).

Figure 3. Effect of nutrition program (A) and genotype (B) on biomass in chickpea desi genotypes. Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

افزایش تعداد غلاف در بوته در نتیجه استفاده از کودهای زیستی است (Kumar *et al.*, 2009). همچنین پژوهشگران مصرف کودهای زیستی را دلیلی بر افزایش تعداد غلاف در بوته دانستند (Kalantarahmadi *et al.*, 2009). از طرفی، افزایش تعداد غلاف در بوته را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در لقاح، تولید مخازن زایشی بیشتر و کاهش تعداد گل‌های عقیم به دلیل افزایش فتوسنتز و انتقال عناصر تغذیه‌ای نسبت داد (Rezvani Moghaddam & Samarjan, 2009)، اما در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که واکنش ژنوتیپ‌ها به برنامه‌های تغذیه‌ای متفاوت بود، اما در برخی از ژنوتیپ‌ها (MCC83)، مصرف کودهای زیستی قبل از کشت همراه با محلول پاشی اسید آمینه، پتاسیم و سیلیسیم در مراحل رشد، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ در برنامه تغذیه‌ای بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود و از طرف دیگر بین برنامه‌های تغذیه‌ای از نظر این صفت تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۷). ژنوتیپ MCC911 در تیمار کودهای زیستی، بیشترین تعداد دانه در غلاف دارا بود، ولی با این وجود، بین تیمارها در ژنوتیپ‌های مختلف از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸).

اثر برنامه تغذیه‌ای، ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها بر تعداد کل غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۵). ژنوتیپ MCC83 در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول پاشی، بیشترین تعداد کل غلاف در بوته دارا بود (جدول ۶). تغییرات تعداد کل غلاف در بوته در ژنوتیپ MCC83 بین تیمارها به شکلی بود که کاربرد کودهای زیستی همراه محلول پاشی، سبب افزایش ۸۰ درصدی تعداد کل غلاف در بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۶). در ژنوتیپ MCC259 بیشترین تعداد کل غلاف در بوته در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول پاشی مشاهده شد، ولی با این حال تفاوت بین تیمارها نسبت به شاهد از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۶). از سوی دیگر در ژنوتیپ MCC603 و MCC291 بیشترین تعداد کل غلاف در بوته در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). در ژنوتیپ MCC911 برخلاف سایر ژنوتیپ‌ها، بیشترین تعداد کل غلاف در بوته در کاربرد کود زیستی همراه با محلول پاشی به دست آمد که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

تعداد کل غلاف در بوته، یکی از اجزای اصلی عملکرد است، زیرا از یک طرف دربرگیرنده تعداد دانه است و از طرفی، دیگر آسیمیلات فتوسنتزی مورد نیاز برای دانه‌ها را تأمین می‌کند؛ بنابراین هرچه تعداد غلاف بیشتر باشد، آن عملکرد دانه بیشتر خواهد شود (Nabati *et al.*, 2019). نتایج سایر پژوهش‌ها حاکی از

جدول ۷- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال اثر برنامه تغذیه‌ای بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود دسی.

Table 7. Source of variation, degree of freedom and probability levels of the effects of nutrition programs on measured traits of chickpea desi genotypes

S.O.V	df	Grain. Pod ⁻¹	100- grain weight	Grain yield	Biological yield	Harvest Index
Block	2	0.478 ^{ns}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.457 ^{ns}
Nutrition program (N)	4	0.337 ^{ns}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.093 ^{ns}	0.001 ^{**}
Error a	8	-	-	-	-	-
Genotype (G)	4	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.309 ^{ns}
N×G	16	0.002 ^{**}	0.011 [*]	0.001 ^{**}	0.136 ^{ns}	0.044 ^{ns}
Error	40	-	-	-	-	-
CV%		5.2	1.6	8.8	4.1	10.5

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. CV: ضریب تغییرات

Ns, * and **: non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively. CV: Coefficient of Variation.

تعداد دانه در غلاف، بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشته است و متأثر از تعداد غلاف در بوته

تعداد دانه در غلاف، یکی دیگر از اجزای مهم در تعیین عملکرد است. مطالعات پیشین نشان داد که

دانه و وزن صد دانه وجود دارد (et al., 2010). نتایج مطالعات حاکی از معنی‌دار بودن اثر کودهای زیستی بر وزن صد دانه بوده است (Mansurghanai et al., 2016). همچنین پژوهشگران گزارش کردند که کودهای زیستی موجب افزایش وزن صد دانه می‌شود (Yahalom et al., 1991). در مطالعه حاضر، واکنش ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت به برنامه تغذیه‌ای معنی‌دار بود و برنامه تغذیه‌ای از طریق افزایش مقدار مواد فتوسنتزی در طول مدت پر شدن دانه، سبب افزایش وزن صد دانه شد.

نتایج این مطالعه حاکی از اثر معنی‌دار برنامه‌های تغذیه‌ای، ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه بود (جدول ۷). ژنوتیپ MCC259 در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی، پرایمینگ و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی و ژنوتیپ MCC911 در تیمار کود زیستی همراه با محلول‌پاشی بیشترین مقدار عملکرد دانه دارا بودند (جدول ۸). تغییرات عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC83، MCC259 به شکلی بود که کاربرد پرایمینگ بذر و کود زیستی، سبب افزایش ۱۰ و ۳۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۸). میزان تغییرات عملکرد دانه بین تیمارهای مختلف تغذیه‌ای در ژنوتیپ‌های MCC291، MCC603 به شکلی بود که بیشترین میزان عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای کود زیستی و محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی مشاهده شد، ولی با این وجود تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نسبت به شاهد از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ۸). در ژنوتیپ MCC911 تیمار کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، بیشترین میزان عملکرد دانه را نسبت به شاهد به دنبال داشت و تفاوت بین تیمار کود زیستی همراه با محلول‌پاشی با شاهد ۳۹ درصد بود (جدول ۸).

پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی بیوسفور، سبب افزایش چشمگیر عملکرد دانه نخود در مقایسه با شاهد می‌شود (Rabieyan et al., 2011). کودهای زیستی از طریق افزایش جذب عناصر تغذیه‌ای برای رشد گیاه، سبب افزایش عملکرد دانه

می‌باشد. استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی، سبب افزایش تعداد دانه در غلاف در نخود می‌شود (Rabiiyan et al., 2010). در پژوهشی دیگر، کودهای زیستی همراه با بقایای آلی، تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف لوبیا داشتند (Radwan & Awad, 2002). از طرف دیگر، گزارش‌هایی نیز مبنی بر عدم تأثیر تیمارهای کود زیستی بر تعداد غلاف در بوته وجود دارد (Alamimilani et al., 2013). در مطالعه حاضر نیز صفت تعداد دانه در غلاف، تحت تأثیر تیمارهای برنامه تغذیه‌ای قرار نگرفت.

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر برنامه تغذیه‌ای، ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۷). در ژنوتیپ MCC83، تیمار کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، بیشترین میزان وزن صد دانه مشاهده شد و تفاوت بین تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی با شاهد ۱۰ درصد بود (جدول ۸). ژنوتیپ MCC259 در تیمار کود زیستی همراه با محلول‌پاشی و ژنوتیپ MCC291 در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی، بیشترین میزان وزن صد دانه دارا بودند، ولی با این وجود تفاوت بین تیمارها نسبت به شاهد از نظر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۸). تغییرات وزن صد دانه در ژنوتیپ MCC603 به شکلی بود که کاربرد پرایمینگ بذر و کود زیستی همراه با محلول‌پاشی، سبب افزایش ۲۵ درصدی وزن صد دانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۸). از سوی دیگر در ژنوتیپ MCC911 بیشترین میزان وزن صد دانه در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی مشاهده شد که تفاوت بین تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی با شاهد ۱۷ درصد بود (جدول ۸).

وزن صد دانه یکی دیگر از اجزای عملکرد است که مستقیماً وابسته به مواد فتوسنتزی که بعد از گرده‌افشانی منتقل می‌شود می‌باشد (Regan et al., 2006). این مواد حاصل فتوسنتز جاری و یا انتقال مجدد مواد فتوسنتزی که در طی فصل رشد در اندام‌های نظیر ریشه یا ساقه ذخیره شده است می‌باشد؛ بنابراین یک رابطه مستقیم بین طول دوره پر شدن

مطالعه حاضر، برنامه‌های تغذیه‌ای مورد استفاده از طریق افزایش قابلیت جذب و انتقال عناصر تغذیه‌ای و به دنبال آن افزایش طول دوره پر شدن دانه، سبب افزایش عملکرد دانه شد.

می‌شوند. همچنین یکی دلایل افزایش عملکرد دانه در نتیجه استفاده از کودهای زیستی، افزایش مقدار جذب عناصر تغذیه‌ای و نیز افزایش سطح ریشه است (Rabieyan *et al.*, 2011). به نظر می‌رسد که در

جدول ۸- اثر برنامه تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود دسی

Table 8. Effect of nutrition programs on yield and yield components of chickpea desi genotypes

Parameters	Nutrition program	MCC83	MCC259	MCC291	MCC603	MCC911
Grain. Pod ⁻¹	Control	1.0 ^b	1.1 ^b	1.1 ^b	1.1 ^b	1.3 ^{ab}
	P+BF+F	1.3 ^{ab}	1.2 ^{ab}	1.1 ^b	1.3 ^{ab}	1.1 ^b
	BF+F	1.0 ^b	1.1 ^b	1.0 ^b	1.2 ^{ab}	1.3 ^{ab}
	P+BF	1.3 ^{ab}	1.3 ^{ab}	1.0 ^b	1.3 ^{ab}	1.1 ^b
	BF	1.1 ^b	1.1 ^b	1.0 ^b	1.2 ^{ab}	1.5 ^a
100- grain weight (g)	Control	22.2 ^{a-c}	21.9 ^{a-c}	20.5 ^{a-d}	12.8 ^f	21.1 ^{a-c}
	P+BF+F	24.5 ^{ab}	23.9 ^{ab}	22.9 ^{ab}	16.0 ^{d-f}	23.1 ^{ab}
	BF+F	18.1 ^{c-e}	24.6 ^a	21.0 ^{a-c}	14.3 ^{ef}	21.4 ^{a-c}
	P+BF	22.8 ^{a-c}	24.4 ^{ab}	23.7 ^{ab}	14.6 ^{ef}	24.7 ^a
	BF	21.0 ^{a-c}	23.5 ^{ab}	22.1 ^{a-c}	14.3 ^{ef}	19.9 ^{b-d}
Grain yield (g.m ⁻²)	Control	133.4 ^{e-f}	170.0 ^{b-e}	138.0 ^{d-f}	125.2 ^{e-f}	147.5 ^{c-f}
	P+BF+F	122.1 ^f	212.2 ^{ab}	158.3 ^{c-f}	144.1 ^{d-f}	184.5 ^{b-d}
	BF+F	130.9 ^{ef}	192.7 ^{a-c}	167.1 ^{b-f}	119.9 ^f	205.6 ^{ab}
	P+BF	143.0 ^{d-f}	232.9 ^a	146.0 ^{c-f}	143.7 ^{d-f}	166.5 ^{b-f}
	BF	136.1 ^{ef}	158.2 ^{c-f}	152.8 ^{c-f}	144.1 ^{d-f}	155.1 ^{c-f}

پرایمینگ (P)، کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت، اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار، ندارند. MCC: کلکسیون نخود مشهد (بانک بذر نخود پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد).

Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F). Means with at least one similar letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) based on last significant difference test (LSD). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

عملکرد بالا و قابل قبولی برخوردار بودند، به طوری که کمترین عملکرد با ۱۱۹ گرم در مترمربع به ژنوتیپ MCC603 در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی اسیدآمین، پتاسیم و سیلیسیم تعلق داشت که از متوسط تولید در کشور بالاتر است. از طرفی، بیشترین عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC259 در تیمار پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌ها با ۲۳۳ گرم در مترمربع تولید شد (جدول ۸). کاربرد تیمارهای مختلف تغذیه‌ای، موجب بهبود وضعیت رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و همچنین اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد که در نهایت به بهبود عملکرد منتهی شد. با این وجود هر یک از ژنوتیپ‌ها، واکنش متفاوتی به برنامه‌های تغذیه‌ای نشان دادند، به طوری که ژنوتیپ‌های MCC83، MCC59 در تیمار پرایمینگ بذر همراه با استفاده از کود زیستی و ژنوتیپ‌های MCC291 و MCC911 در تیمار کود

اثر برنامه‌های تغذیه‌ای و برهمکنش برنامه‌های تغذیه‌ای و ژنوتیپ بر زیست‌توده معنی‌دار نبود و از طرف دیگر، تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۷). ژنوتیپ‌های MCC259 و MCC606 به ترتیب بیشترین و کمترین زیست‌توده کل را تولید کردند و تفاوت میان آن‌ها ۴۱ درصد بود (شکل ۴A).

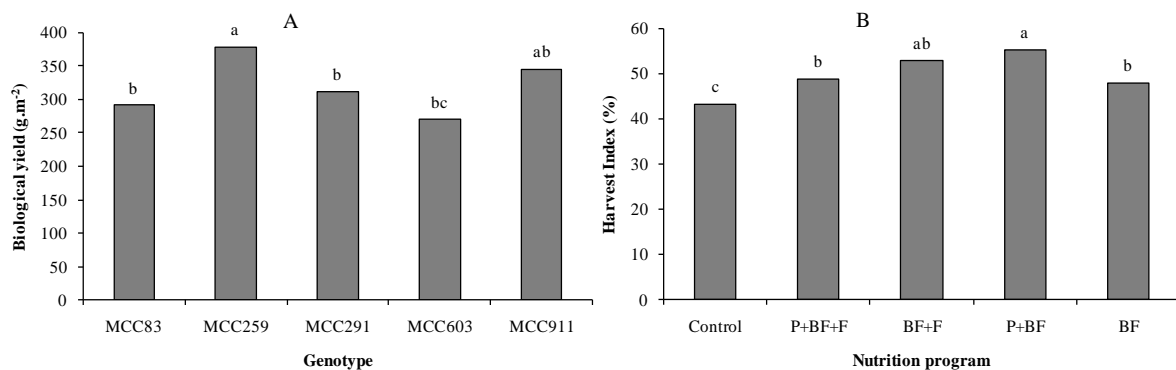
بررسی اثر ژنوتیپ و برهمکنش برنامه تغذیه‌ای و ژنوتیپ بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود، در صورتی که اثر برنامه تغذیه‌ای بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۶) و ژنوتیپ MCC259 در تیمار پرایمینگ بذر و کود زیستی، بیشترین میزان شاخص برداشت را دارا بود (جدول ۸).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود دسی از

از طرفی دیگر سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی رایج شده است و در نتیجه سبب کاهش هزینه‌ها، حفظ سلامت خاک و تولیدات کشاورزی و همچنین کاهش آلودگی زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی شده است. در نهایت ژنوتیپ MCC911 در تیمار کود زیستی همراه با محلول پاشی به عنوان برترین تیمار از نظر عملکرد معرفی می‌شود.

زیستی همراه با محلول پاشی و در ژنوتیپ MCC603 در سه تیمار پرایمینگ بذر همراه با کود زیستی و محلول پاشی، پرایمینگ بذر همراه با استفاده از کود زیستی و تیمار کود زیستی، بالاترین عملکرد را تولید کردند (جدول ۸). با توجه به عملکردهای به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که تغذیه زیستی موجب بهبود رشد و به تبع آن افزایش عملکرد گیاه نخود و همچنین



شکل ۴- اثر ژنوتیپ‌های نخود دسی بر زیست‌توده (A) و اثر برنامه‌های تغذیه‌ای (B) بر شاخص برداشت در نخود دسی. پرایمینگ (P)، کود زیستی (BF) و محلول پاشی (F). MCC: کلکسیون نخود مشهد (بانک بذر نخود پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد).

Figure 4. Effect of genotype on biomass (A) and effect of nutrition program (B) on harvest index in chickpea desi genotypes. Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

REFERENCES

1. Akbari, P., Ghalavand, A. & Modarres Sanavi, S. A. M. (2009). Effects of different nutrition systems (organic, chemical and integrated) and biofertilizer on yield and other growth traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Sustainable Agricultural Science*, 19(1), 85-96. (In Persian)
2. Alamimilani, M., Amini, R. & Bandehagh, E. (2013). Effects of biofertilizer application in combination with chemical fertilizers on yield and yield components of pinto beans. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 43, 24-27. (In Persian)
3. Alijani, M., Amini Dehaghi, M., Malboobi, M., Zahedi, M. & Modares Sanavi, S. (2011). The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate bio-fertilizer (Barvar 2) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of *Matricaria recutita* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 27(3), 450-459.
4. Carranca, C., De Varennes, A. & Rolston, D. (1999). Biological nitrogen fixation by fababeans, pea and chickpea, under field conditions, estimated by the 15N isotope dilution technique. *European Journal of Agronomy*, 10(1), 49-56.
5. Corbineau, F. & Come, D. (2006). Priming: a technique for improving seed quality. *Seed Testing International*, 132, 38-40.
6. Courtney, R. G. & Mullen, G. J. (2008). Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource Technology*, 99(8), 2913-2918.
7. Danesh Shahraki, A., Kashani, A., Mesgar Bashi, M., Nabi Pour, M. & Koochi Dehkordi, M. (2008). Effect of density and nitrogen usage on some agronomic traits of rapeseed. *Journal of Research and Construction*, 79, 10-17.

8. Dere, S., Gines, T. & Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll - a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22(1), 13-17.
9. Dimitrios, B., Anestis, K., Aristidis, K., Sotiria, P. & Vassilios, T. (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi: a blessing or a curse for weed management in organic olive crops. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 858-868.
10. FAO. (2017). Agriculture production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
11. Faraji, A. & Arzanesh, M. H. (2013). Response of two canola genotypes to plant growth promoter bacteria (*Azospirillum* spp): seed yield and its components, dry matter and harvest index. *Seed and Plant Production Journal*, 29(1), 17-29. (In Persian)
12. Galeshi, S., Soltani, A. & Zeinali, E. (2001). Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Symposium. In 26th Congress of the International Seed Testing Association (ISTA). Anger, France. 5(1):12
13. Gaur, P. M., Tripathi, S., Gowda, C. L., Ranga Rao, G.V., Sharma, H. C., Pande, S. & Sharma, M. (2010). Chickpea seed production manual.
14. Izadi Darbandi, E., Nabati, J., Nezami, A. & Oskoueian, A. (2019). Effecte of biological fertilizers and different weed control methods on improvement of growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Soil Biology*, 7(2), 195-211. (In Persian)
15. Kalantarahmadi, E. & Fathi, G. (2009). The effect of seed sowing rate, different levels of nitrogen, and different sowing dates on canola grain yield, cultivar Hyola401 in northern Khouzestan conditions. *Iranian Journal Field Crop Science*, 4(3), 191-204. (In Persian)
16. Khan, M. S., Zaidi, A. & Wani, P. A. (2009). Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review. *Journal of Agriculture Sustainable Development*, 27, 29-43.
17. Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J. & Vpadhayaya, M. D. (2003). Genetic diversity of drought avoidance root traits in the mini-coregermplasm collection of chickpea. *International Chickpea and Pigeon pea News Letters*, 10, 21- 29.
18. Kumar, S., Pandey, P. & Maheshvari, D. K. (2009). Reduction in dose of chemical fertilizers and growth enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) with application of rhizospheric competent *Pseudomonas aeruginosa* LES4. *European Journal of Soil Biology*, 45(4), 334-340.
19. Mansurghanai, K., Mohsenabadi, G., Magidian, G. & Falah, E. (2016). The effect of nitrogen and phosphorus fertilizers along with biofertilizer on yield and yield components of beans. *Journal of Production and Processing of Crops and Horticulture*, 35, 12-17. (In Persian)
20. Mudryj, A. N., Yu, N. & Aukema, H. M. (2014). Nutritional and health benefits of pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1197-1204.
21. Musa, A. M., Harris, D., Johansen, C. & Kumar, J. V. D. K. (2001). Short duration chickpea to replace fallow after aman rice: the role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. *Experimental Agriculture*, 37(4), 509-521.
22. Musapour, H. & Asgharipour, M. R. (2016). Effects of drought stress and its interaction with silicon on antioxidant system and lipid peroxidation rate of fennel. *Plant Process and Function*, 16, 71-84. (In Persian)
23. Nabati, J., Nezami A., Boroumand Rezazadeh, E., Azari, S. J. & Mohammadi, M. 2019. Evaluation of freezing tolerance of deci-type chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad climate conditions. *Journal of Crop Production*. 12(4), 121-136.
24. Onyari, C. A. N., McKenzie, B. A. & Hill, G. H. (2003). The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-arid conditions in Keniya. *Journal of Applied Bioscie*, 34, 2028-2036.
25. Rabiyan, Z., Yarnia, M. & Kazemi-e-Arbat, H. (2011). Effects of biofertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different irrigation levels. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), 3139-3145.

26. Rabiiyan, Z., Rahimzadeh, F., Yarniya, M., Rabiiyan, M. & Fakhariyan, Z. (2010). Effect of nitrogen and phosphorus biofertilizers on yield and yield components of Pirooz Chickpea cultivar under different levels of irrigation. *Journal of Research in Plant Sciences*, 6, 93-97. (In Persian)
27. Radwan, S. M. & Awad, N. M. (2002). Effect of soil amendment with various organic wastes with multi-biofertilizer on yield of peanut plants in sandy soil. *Journal of Agriculture Sciences of Mansoura University*, 27, 3129-3138.
28. Regan, K. L., Siddique, K. H. M., Brandon, N. J., Seymour, M. & Loss, S. P. (2006). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties to time of sowing in Mediterranean-type environments of south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(3), 395-404.
29. Rezvani Moghaddam, P. & Samarjan, R. (2009). Effect of different planting dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and yield of chickpea varieties ILC3279 in Neyshabur weather conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 2, 315-325. (In Persian)
30. Safa Pour, M., Ardakani, M. R., Rajaei, F., Kaghani S. H. & Teymouri, M. (2010). Effect of Mycorrhiza and Rhizobium inoculation dual on yeild of three varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *New Findings in Agriculture*, 5(1), 21-35. (In Persian)
31. Sh Sadak, M., Abdelhamid, M. T. & Schmidhalter, U. (2015). Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. *Acta Biológica Colombiana*, 20(1), 141-152.
32. Sturz, A. V. & Christie, B. R. (2003). Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Tillage Research*, 72(2), 107-123
33. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Journal of Plant and Soil*, 255, 571-586.
34. Yahalom, E., Dovrat, A., Okon, Y. & Czosnek, H. (1991). Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* strain Cd and *Rhizobium* on the root morphology of burr medic (*Medicago polymorpha* L.). *Israel Journal of Botany*, 42, 155-162.