نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۵، آذر – دی ۱۴۰۰، ص. ۷۰۱-۶۸۹

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 5, Dec.-Jan. 2021, p. 689-701

مقاله پژوهشی

اثر تغذیه زیستی و پرایمینگ بذر بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.)

حسین ایوبی[۱]- جعفر نباتی[۲*]- احمد نظامی[۳]- محمد کافی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر تغذیه زیستی و پرایمینگ بذر بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش نخود کابلی (MCC463، MCC741، ILC8617، ILC72، FLIP02-51C) آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ اجرا گردید. عوامل آزمایش شامل تیمارهای تغذیه‌ای به‌عنوان کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های نخود به‌عنوان کرت‌های فرعی بود. تیمارهای تغذیه‌ای شامل: ۱- پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم (P+BF) ۲- کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم (BF) ۳- کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم همراه با محلول‌پاشی اسیدآمینه، پتاسیم و سیلیسیم (BF+F) ۴- پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم همراه با محلول‌پاشی اسیدآمینه، پتاسیم و سیلیسیم (P+BF+F) و ۵- شاهد (بدون تغذیه) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در BF در ژنوتیپ MCC463 حاصل شد که نسبت به شاهد ۳/۱ برابر افزایش داشت. بیشترین مقدار کلروفیل b در BF+F در ژنوتیپ FLIP02-51 به‌دست آمد. بیشترین شاخص سطح سبز در ژنوتیپ MCC741 در P+BF حاصل گردید. بیشترین زیست‌توده تولیدی در BF+F در ژنوتیپ ILC8617 مشاهده شد که ۲۴ درصد در مقایسه با شاهد بیشتر بود. بیشترین عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC741 در BF با ۱۵۹۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد افزایش ۲ برابری داشت. به‌طورکلی می‌توان عنوان کرد که استفاده از کودهای زیستی سبب بهبود اغلب صفات گیاه نخود در شرایط مزرعه شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمینه، پرایمینگ، سیلیکون، کودهای زیستی، محلول‌پاشی

مقدمه

حبوبات گیاهانی از خانواده فاباسه (Fabaceae) هستند، که دارای ۱۶۰۰۰ تا ۱۹۰۰۰ گونه و تقریباً ۷۵۰ جنس هستند، تلاش برای منابع جایگزین و ارزان پروتئین برای تغذیه انسان منجر به انجام پژوهش‌های متعددی روی گیاهان این خانواده شده است (۴). حبوبات در تغذیه انسان می‌توانند مکمل غذایی خوبی برای انسان محسوب شوند و ازنظر مصرف غذایی بعد از غلات حائز رتبه دوم هستند (۱۴).

حبوبات از جمله گیاهانی هستند که مقدار زیادی پروتئین، کربوهیدرات، مواد معدنی، آهن، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و ویتامین‌ها خصوصاً ویتامین‌های گروه B دارند. محتوای بالای اسیدآمینه لیزین موجود در حبوبات، کمبود میزان لیزین غلات را جبران کرده و محتوای بالای متیونین غلات، کمبود این اسیدآمینه ضروری را در حبوبات برطرف می‌کند (۳۶). در بین حبوبات در ایران نخود (*Cicer arietinum* L.) ازنظر سطح زیر کشت و تولید از اهمیت بالایی برخوردار است و سطح زیر کشت این گیاه حدود ۵۶۱ هزار هکتار برآورد شده است که معادل ۷/۸ درصد از کل سطح محصولات زراعی و حدود ۶۵ درصد از سطح زیر کشت حبوبات است (۱۲). عوامل زیادی ازجمله عدم تأمین بهینه عناصر غذایی در مزارع در پایین بودن عملکرد نخود مؤثر می‌باشد.

مصرف بیش‌ازحد کودها و نهاده‌های شیمیایی موجب خسارت‌های جبران‌ناپذیری در زمینه سلامت انسان، منابع آبی و

۱، ۳ و ۴- به‌ترتیب کارشناسی ارشد و استادان گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/JSW.2021.70395.1054

محیط‌زیست شده است (۲۰). استفاده از مقادیر بالای کود شیمیایی موجب افزایش بی‌رویه رشد رویشی گیاه بدون افزایش عملکرد گیاه می‌شود که موجب افزایش هزینه تولید شد و علاوه‌برآن افزایش تجمع نیتروژن و دیگر عناصر می‌گردد که کیفیت محصول و بازارپسندی آن را کم می‌کند (۲۲). مطالعات فراوانی در زمینه کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزین کردن آن‌ها با انواع کودهای آلی و زیستی انجام شده است (۲).

کودهای زیستی حاوی تعداد کافی از یک یا چندگونه از باکتری‌های سودمند خاک‌زی هستند. این باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک‌های کشاورزی وجود دارند اما به دلیل تنش‌های محیطی بلندمدت، استفاده بی‌رویه از کودها و سموم شیمیایی و عدم حضور گیاه میزبان مناسب به مدت طولانی جمعیت آن‌ها کم شده است. اضافه‌کردن این باکتری‌ها به خاک، قبل و یا در طول دوره رشد، موجب افزایش رشد و تولید محصولات کشاورزی می‌شود (۷). مطالعه کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نشان داده است که این باکتری‌ها، گیاه را در جذب عناصر بیشتر یاری می‌کنند که در نتیجه آن رشد اندام هوایی و انشعابات جانبی گیاه نخود افزایش پیدا می‌کند (۲۹). همچنین عنوان شده است که میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی می‌توانند با افزایش طول دوره پرشدن دانه و مقدار مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده، افزایش وزن دانه نخود را توجیه کنند (۱). کودهای زیستی تأثیر مثبتی بر روابط آبی گیاه، چرخه مواد غذایی و قابل‌دسترس ساختن و افزایش جذب عناصر غذایی دارند (۲۳).

استفاده تلفیقی از کودهای زیستی به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی، فتوسنتز و رشد ریشه، موجب کاهش ریزش گل‌های بارور و افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و درنتیجه افزایش تعداد غلاف و تعداد دانه در هر بوته نخود شد (۱۷). بهبود رشد گیاه نخود در اثر آغشته کردن بذر با کودهای زیستی می‌تواند ناشی از تأثیر این میکروارگانیسم‌ها بر فعالیت‌های فیزیولوژیک و متابولیک گیاه و نیز تثبیت نیتروژن باشد. از طرف دیگر، یکی از راه‌های سریع برای مقابله با تنش‌های محیطی، استفاده از روش‌های غنی کردن و پیش تیمار بذور است که آن‌ها را در مقابله با تنش، مقاوم می‌سازد، یکی از متداول‌ترین این روش‌ها پرایمینگ بذر است. مطالعات فراوانی در مورد تأثیرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پرایمینگ روی بذرهای مختلف حبوبات ازجمله یونجه (*Medicago sativa*) لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna radiate* L.)، نخود و عدس (*Lens culinaris*) انجام شده و نتایج حاکی از بهبود فرایند جوانه‌زنی و ایجاد مقاومت تحت شرایط تنش بود (۸، ۱۱، ۱۵ و ۲۶).

ازآنجاکه آب قابل‌دسترس، عامل اصلی محدودکننده رشد در زراعت نخود می‌باشد، لذا یکی از راهکارهای تسریع در رشد و نمو و فرار گیاه از تنش‌های انتهای فصل بهبود تغذیه، به‌ویژه استفاده از ریزباکتری‌های محرک رشد است. ریزباکتری‌های محرک رشد دارای خصوصیاتی هستند که می‌توانند با تأثیر بر گیاه از طریق بهبود شرایط تغذیه‌ای آن سبب افزایش مقاومت نسبت به عوامل نامساعد محیطی در زراعت شود (۷)؛ بنابراین این مطالعه باهدف ارزیابی واکنش‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های نخود کابلی نسبت به پرایمینگ بذر و سطوح مختلف کودهای زیستی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عوامل آزمایش شامل پنج تیمار تغذیه‌ای به‌عنوان کرت‌های اصلی و پنج ژنوتیپ نخود کابلی (MCC463، MCC741، ILC8617، ILC72 و FLIP02-51C) به‌عنوان کرت‌های فرعی بودند. ژنوتیپ‌های مورد استفاده از مطالعات مقدماتی تحمل به سرما انتخاب شدند. تیمارهای تغذیه‌ای شامل: ۱- پرایمینگ بذر با استفاده از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (نیتروباکتر دایان)، باکتری حل‌کننده فسفات (فسفوپاورباکتر دایان) و باکتری حل‌کننده پتاسیم (پتاپاورباکتر دایان) قبل از کاشت (P+BF)، ۲- کاربرد از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت (BF)، ۳- پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت به همراه محلول‌پاشی اسیدآمینه (آمینووافر دایان)، پتاسیم (پتاس وافر دایان) و سیلیسیم (سیلیکون دایان) در مراحل رشد (P+BF+F)، ۴- کاربرد از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری حل‌کننده فسفات و باکتری حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت به همراه محلول‌پاشی اسیدآمینه، پتاسیم و سیلیسیم در مراحل رشد (BF+F) و ۵- شاهد (بدون تغذیه). باکتری‌های آزاد زی تثبیت‌کننده نیتروژن مجموعه‌ای از سویه‌های *Azospirillum* sp.، *Azotobacter* 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 بوده و توسط شرکت دانش‌بنیان خوشه پروران زیست فناور (دایان) از نقاط مختلف جمع‌آوری و تکثیر شدند. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم قبل از کاشت در کرت‌های موردنظر به مقدار ۵ لیتر در هکتار با تراکم جمعیت باکتری 10^7 سلول در میلی‌لیتر مایع تلقیح روی سطح خاک پاشیده شده و با خاک مخلوط گردید. محلول‌پاشی با اسیدآمینه (یک در هزار) در دو مرحله قبل از گلدهی و در مرحله ۵۰

درصد گلدهی انجام شد و محلول‌پاشی با پتاسیم (یک در هزار) و سیلیکون (۱/۵ در هزار) در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام شد. مواد مورد استفاده این پژوهش از شرکت دانش‌بنیان خوشه پروران زیست فناور (دایان) تهیه گردید. جهت پرایمینگ بذر از ترکیب اسید سالیسیلیک (آبنوش بذر دایان) به مدت پنج ساعت استفاده شد.

قبل از آماده‌سازی زمین، از خاک مزرعه جهت تعیین میزان عناصر موجود شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم نمونه‌برداری شد (جدول ۱). در اوایل اسفندماه ۱۳۹۷ عملیات آماده‌سازی زمین انجام شد. سپس باکتری‌ها در سطح محلول‌پاشی و با خاک مخلوط گردید. در ادامه جوی و پشته‌ها به فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد و بذرها با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع در عمق دو سانتی‌متری کشت گردید. هر کرت شامل چهار ردیف ۳ متری بود و بین دو تکرار نیز ۲ متر فاصله لحاظ شد. بلافاصله پس از کاشت و همچنین در مرحله گلدهی یک آبیاری تکمیلی آبیاری انجام شد. جهت ممانعت از اثر علف‌کش بر کودهای زیستی، کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

در مرحله ۵۰ درصد گلدهی میزان رنگ دانه‌های فتوسنتزی اندازه‌گیری گردید. به‌منظور اندازه‌گیری رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از روش سوکران و همکاران (۳۲) استفاده شد. برای این منظور ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه از برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته استفاده و رنگ دانه ها با استفاده از اتانول ۹۶ درصد استخراج شدند. میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۴۸ و ۶۶۴ نانومتر انجام شد. بر اساس معادله‌های (۱ و ۲) غلظت کلروفیل‌های a و b محاسبه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت رنگ‌دانه‌ها از جمع غلظت کلروفیل برگ استفاده شد. همچنین نسبت کلروفیل a به b نیز محاسبه گردید.

معادله (۱) $Chla=13.36\times A664-5.19\times A648$

معادله (۲) $Chlb=27.43\ A648-8.12\ A664$

در مرحله گلدهی، سطح سبز گیاه توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Delta-T، کشور انگلستان) با استفاده از ۵ بوته تعیین شد. در انتهای فصل رشد قبل از برداشت، صفات مورفولوژیک نظیر ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف و تعداد شاخه های فرعی ثبت شدند. اجزای عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، درصد غلاف بارور، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه با استفاده از ۳ بوته که به‌طور تصادفی از کرت برداشت شدند، تعیین شدند. همچنین به منظور تعیین زیست‌توده و عملکرد دانه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای بوته‌های ۲ 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) شاخص برداشت = (وزن دانه/ زیست‌توده) × ۱۰۰

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab16 صورت پذیرفت و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای تغذیه‌ای، ژنوتیپ‌های نخود کابلی و برهمکنش آن‌ها بر ویژگی‌های مورد مطالعه در رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی برهمکنش اثر تیمارهای تغذیه بر مقدار کلروفیل a در ژنوتیپ ILC72 نشان داد که بیشترین مقدار این ویژگی در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر حاصل شد (جدول ۳). بیشترین مقدار کلروفیل a در ژنوتیپ MCC463 در تیمار استفاده از کودهای زیستی حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد ۳ برابر بیشتر بود (جدول ۳). غلظت کلروفیل a در ژنوتیپ MCC741 بین تیمارهای مختلف اختلاف بارزی مشاهده نشد بااین‌وجود تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی نسبت به سایر تیمارها برتر بود (جدول ۳). در ژنوتیپ ILC8617 غلظت کلروفیل a در تمامی تیمارها نسبت به شاهد برتر بودند و تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی بیشترین مقدار این ویژگی را دارا بود و نسبت به شاهد ۵۴ درصد تفاوت داشت (جدول ۳). در ژنوتیپ FLIP02-51 نیز تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی بیشترین غلظت کلروفیل a را دارا بود (جدول ۳). در میان تمام تیمارهای مورد بررسی تیمار کاربرد باکتری‌های در ژنوتیپ MCC463 دارای بیشترین میزان کلروفیل a بود (جدول ۳).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

Table 1- Selected physicochemical properties of the study soil (0-30 cm)

بافت Texture	Electrical conductivity هدایت الکتریکی	pH	Available potassium پتاسیم قابل دسترس	Available phosphorus فسفر قابل دسترس	Total nitrogen نیتروژن کل	Organic carbon کربن آلی
	($dS.m^{-1}$)		($mg.kg^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)	(%)	(%)
Laom	1.2	7.41	120	12	0.08	0.51

جدول ۲- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال اثر برنامه‌های تغذیه‌ای بر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 2- Source of variation, degree of freedom and probability levels of effect of nutrition programs on photosynthesis pigment in chickpea genotypes

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	کل رنگ‌دانه‌ها Total pigments
بلوک Block	2	0.89^{ns}	0.267^{ns}	0.039^{*}	0.141^{ns}
برنامه غذایی Nutrition program (N)	4	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}
خطای فرعی Error a	8				
ژنوتیپ Genotype (G)	4	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.0013^{**}
N×G	16	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}
خطا Error	40				
ضریب تغییرات CV%		14.63	16.32	4.81	16.80

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

Ns: no Significant at probability level of 5%, * and **: Significant at probability level of 5 and 1%, CV: Coefficient of Variation.

جدول ۳- تأثیر برنامه غذایی بر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 3- Effect of nutrition programs on photosynthesis pigment in chickpea genotypes

صفات Parameters	برنامه غذایی Nutrition program	ILC72	MCC463	MCC741	ILC8617	FLIP02-51
کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.gFW^{-1}$)	Control	0.181^{b-f}	0.164^{c-f}	0.153^{d-f}	0.127^{f}	0.181^{b-f}
	BF	0.182^{b-f}	0.502^{a}	0.154^{d-f}	0.163^{c-f}	0.172^{c-f}
	P+BF	0.205^{b-e}	0.196^{b-e}	0.164^{c-f}	0.180^{b-f}	0.219^{b-d}
	BF+F	0.145^{ef}	0.182^{b-f}	0.163^{c-f}	0.196^{b-e}	0.243^{b}
	P+BF+F	0.230^{bc}	0.142^{ef}	0.144^{ef}	0.162^{d-f}	0.166^{c-f}
کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.gFW^{-1}$)	Control	0.413^{b-d}	0.457^{b-d}	0.349^{b-d}	0.296^{d}	0.445^{b-d}
	BF	0.462^{b-d}	0.540^{a-c}	0.375^{b-d}	0.445^{b-d}	0.422^{b-d}
	P+BF	0.530^{a-c}	0.526^{a-c}	0.390^{b-d}	0.450^{b-d}	0.536^{a-c}
	BF+F	0.356^{b-d}	0.383^{b-d}	0.371^{b-d}	0.495^{a-d}	0.700^{a}
	P+BF+F	0.552^{ab}	0.332^{cd}	0.349^{b-d}	0.373^{b-d}	0.426^{b-d}
کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	Control	0.439^{bc}	0.360^{de}	0.440^{bc}	0.429^{bc}	0.410^{b-e}
	BF	0.403^{b-e}	0.923^{a}	0.411^{b-e}	0.354^{e}	0.402^{b-e}
	P+BF	0.389^{c-e}	0.421^{bc}	0.421^{bc}	0.403^{b-e}	0.401^{b-e}
	BF+F	0.411^{b-e}	0.420^{bc}	0.457^{b}	0.399^{b-e}	0.453^{b}
	P+BF+F	0.423^{bc}	0.431^{bc}	0.413^{b-e}	0.417^{b-d}	0.390^{c-e}
کل رنگ‌دانه‌ها Total pigments ($mg.gFW^{-1}$)	Control	0.594^{b-d}	0.621^{b-d}	0.503^{b-d}	0.423^{d}	0.626^{b-d}
	BF	0.639^{b-d}	0.754^{a-c}	0.528^{b-d}	0.608^{b-d}	0.601^{b-d}
	P+BF	0.735^{a-c}	0.676^{b-d}	0.554^{b-d}	0.631^{b-d}	0.755^{a-c}
	BF+F	0.502^{b-d}	0.549^{b-d}	0.534^{b-d}	0.691^{b-d}	1.002^{a}
	P+BF+F	0.784^{ab}	0.475^{cd}	0.493^{b-d}	0.535^{b-d}	0.592^{b-d}

پرایمینگ (P)،کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری 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.

غلظت کلروفیل b در ژنوتیپ ILC72 در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر بیشتر از سایر تیمارها بود و نسبت به شاهد ۳۴ درصد غلظت بیشتری داشت. در ژنوتیپ MCC463 تیمار کاربرد باکتری‌های و پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌ها ازنظر غلظت کلروفیل b از سایر تیمارها برتر بودند به‌طوری‌که نسبت به شاهد به ترتیب ۱۸ و ۱۵ درصد کلروفیل b بیشتری داشتند. در ژنوتیپ MCC741 بین تیمارها تفاوت معنی‌داری ازنظر غلظت کلروفیل b مشاهده نشد (جدول ۳). غلظت کلروفیل b در ژنوتیپ‌های ILC8617 و FLIP02-51 در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی بیشتر از سایر تیمارها بود به‌طوری‌که نسبت به شاهد به ترتیب ۶۷ و ۵۷ درصد کلروفیل b بیشتری داشتند و از طرفی در ژنوتیپ FLIP02-51 در این تیمار نسبت کل تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش غلظت کلروفیل b بیشتری داشت (جدول ۳).

با توجه به اینکه روند تغییرات غلظت کلروفیل a و b که در بعضی از ژنوتیپ‌ها افزایشی و در بعضی دیگر کاهشی بود به نظر می‌رسد تأثیر پرایمینگ بذر و کودهای زیستی با توجه به نوع ژنوتیپ می‌تواند متفاوت باشد. نیتروژن یکی از عناصر اصلی در تغذیه گیاهان است (۲۸). به نظر می‌رسد در تیمارهای تغذیه‌ای کود زیستی با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در طی مرحله رویشی گیاه منجر به افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شده و نهایتاً باعث افزایش معنی‌داری کلروفیل a و b در تیمارهای یاد شده گردید و ازآنجایی‌که نیتروژن در ساختار کلروفیل دخالت دارد؛ بنابراین هر چه غلظت نیتروژن در برگ‌ها افزایش یابد میزان تثبیت کربن نیز بیشتر می‌شود. زیرا نیتروژن علاوه بر آن‌که به‌صورت پروتئین در گیاه وجود دارد عنصر اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل در گیاه است و عامل اصلی در تثبیت کربن محسوب می‌شود (۳۷). احتمالاً فراهم بودن نیتروژن در تیمارهای کودهای زیستی که پتانسیل تثبیت نیتروژن قابل‌دسترس بیشتری داشته‌اند دلیل افزایش غلظت کلروفیل برگ باشد.

برهمکنش اثر تیمارهای تغذیه‌ای بر نسبت کلروفیل a/b نشان داد که در میان ژنوتیپ‌ها، MCC463 در تیمار کاربرد باکتری‌ها بیشترین نسبت کلروفیل a/b را دارا بود به‌طوری‌که این ویژگی نسبت به تیمار شاهد خود ۲/۶ برابر بیشتر بود. از طرف دیگر در ژنوتیپ ILC8617 در تیمار کاربرد باکتری‌ها نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری در نسبت مشاهده کلروفیل a/b شد و در سایر ژنوتیپ‌ها از این نظر تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۳).

اثر برنامه غذایی، ژنوتیپ‌ها و برهمکنش این دو عامل بر غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی برهمکنش تیمارهای مختلف تغذیه بر مقدار کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ ILC72 نشان داد که بیشترین مقدار این ویژگی در تیمار پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌ها و محلول‌پاشی حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۳۲ درصد بیشتر بود، از طرفی در سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳). در ژنوتیپ MCC463 غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در تیمار کاربرد باکتری‌ها به‌تنهایی ۲۱ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود و تیمار کاربرد باکتری‌ها و محلول‌پاشی و تیمار پرایمینگ بذر و کاربرد باکتری‌های همراه با محلول‌پاشی مقدار کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی کمتری نسبت به شاهد داشتند (جدول ۳). در ژنوتیپ MCC741 تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف ازنظر مقدار کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی مشاهده نشد (جدول ۳). بررسی نتایج به‌دست‌آمده در ژنوتیپ ILC8617 نشان داد غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در همه تیمارهای تغذیه‌ای نسبت به شاهد روند افزایشی داشت که بیشترین افزایش در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی مشاهده شد که حدود ۶۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول ۳). در ژنوتیپ FLIP02-51 غلظت کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی نسبت به تمام تیمارهای تغذیه‌ای در همه ژنوتیپ‌ها بیشتر بود و نسبت به شاهد در همین ژنوتیپ ۶۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش به نظر می‌رسد تیمار کاربرد باکتری‌ها و تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با پرایمینگ در ژنوتیپ‌های نخود کابلی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته همراه با تیمارهای باکتری همراه با محلول‌پاشی و تیمار باکتری همراه با محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر تأثیر بهتری در تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی دارد هرچند که در بعضی از ژنوتیپ‌ها نتایج متفاوت به دست آمد که به نظر می‌رسد تفاوتی که ازنظر ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد. یکی از دلایل بالا بودن میزان کلروفیل در تیمارهای تلقیح شده را می‌توان تولید سیدروسفورهای تولید شده توسط باکتری‌های زیستی دانست. نتیجه مشابهی توسط پژوهشگران گزارش شده است که در آن تلقیح سویه‌های باکتری آزوسپریلیوم باعث افزایش هدایت روزنه‌ای و میزان کلروفیل کل شد، چرا که نیتروژن در ساختمان کلروفیل شرکت می‌کند و غلظت کلروفیل بستگی به مقدار نیتروژن دریافتی دارد (۳). در تیمارهای دارای باکتری، شاخص کلروفیل به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان بدون باکتری افزایش یافت که با گزارش دیگر پژوهشگران مطابقت داشت (۲۷). آنان گزارش کردند که در گیاهان سبز اغلب میان سطح آهن و مقدار کلروفیل همبستگی مثبتی وجود دارد و گیاهانی که به‌خوبی از آهن برخوردارند دارای کلروفیل بیشتری هستند. همچنین پژوهشگران بیان کردند که محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان، تحت تنش‌های زیستی کاهش پیدا می‌کند (۲۵). اثرات مثبت اسید سالیسیلیک به افزایش آسیمیلاسیون و درصد فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاهان تنش دیده تحت تیمار اسید

سالیسیلیک نسبت داده شده است (۳۳). در پژوهشی دیگر (۵) استفاده از تیمار سالیسیلیک، موجب افزایش توان آنتی‌اکسیدانی بابونه (*Matricari achamomilla*) ازجمله کاروتنوئیدها موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و مقدار H_2O_2 و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند.

برنامه‌های تغذیه‌ای و ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری ازنظر ارتفاع بوته داشتند ولی برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). ژنوتیپ MCC741 دارای بیشترین ارتفاع بوته بود ولی با سه ژنوتیپ FLIP02-51، ILC8617 و MCC463 تفاوت معنی‌داری نداشت، کمترین ارتفاع بوته در ژنوتیپ ILC72 مشاهده شد که نسبت به بیشترین ارتفاع بوته ۴ سانتی‌متر تفاوت وجود داشت (شکل ۱). در میان برنامه‌های تغذیه‌ای تیمار کاربرد کودهای زیستی همراه با پرایمینگ بذر و تیمار شاهد بیشترین ارتفاع بوته را دارا بودند که با کمترین ارتفاع بوته ۳ سانتی‌متر اختلاف ارتفاع مشاهده شد (شکل ۱).

افزایش ارتفاع نخود از طریق زیاد شدن فاصله اولین گره بارور از سطح خاک امکان‌پذیر می‌شود (۲۱). در پژوهش مشابهی کاربرد کود زیستی نیتروکسین موجب افزایش ارتفاع بوته در گیاه کنجد (*Sesamum indicum*) شد (۱۸).

شاخص سطح سبز تحت تأثیر معنی‌دار برهمکنش برنامه‌های تغذیه‌ای و ژنوتیپ‌های نخود کابلی مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۴). میزان شاخص سطح سبز در تمام ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ ILC8617 در تیمار کاربرد باکتری‌ها و پرایمینگ بذر بیشتر از سایر تیمارها بود. در ژنوتیپ ILC8617 تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی بیشترین شاخص سطح سبز را دارا بودند با این وجود تفاوت معنی‌داری با تیمار کاربرد باکتری‌ها و پرایمینگ بذر از این نظر نداشت (جدول ۶).

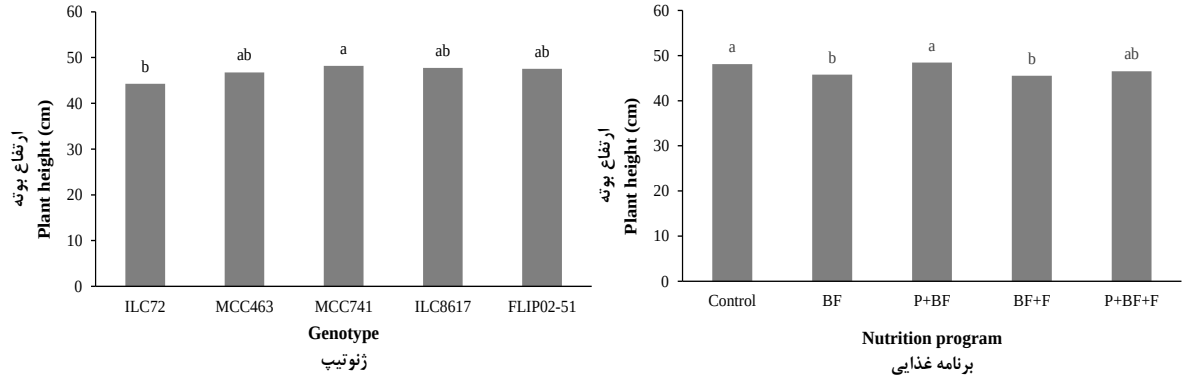
جدول ۴- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال اثر برنامه تغذیه‌ای بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 4- Source of variation, degree of freedom and probability levels of effect of nutrition programs on measured traits of Kabuli chickpea genotypes

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح سبز GAI	ارتفاع اولین غلاف Lowest pod height	تعداد شاخه Branch no.	تعداد غلاف در بوته Pod no. plant^{-1}
بلوک Block	2	0.168^{ns}	0.168 ^{ns}	0.877^{ns}	0.150^{ns}	0.651 ^{ns}
برنامه غذایی Nutrition program (N)	4	0.080*	0.019*	0.245^{ns}	0.678^{ns}	0.014*
خطای فرعی Error a	8					
ژنوتیپ Genotype (G)	4	0.167*	0.001**	0.249^{ns}	0.014^{ns}	0.014*
N×G	16	0.161^{ns}	0.001**	0.565^{ns}	0.994^{ns}	0.053*
خطا Error	40					
ضریب تغییرات CV%		8.52	28.62	20.27	20.47	26.85

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

Ns: no significant at probability level of 5%, * and **: significant at probability level of 5 and 1%, CV: Coefficient of Variation.



شکل ۱- اثر ژنوتیپ و برنامه‌های تغذیه‌ای بر ارتفاع بوته در نخود کابلی

Figure 1- Effect of genotype and nutrition program on plant height in chickpea Kabuli genotypes

پرایمینگ (P)،کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F). MCC: کلکسیون نخود مشهد (بانک بذر نخود پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد).

Priming (P), Biofertilizer (BF), Folaria application (F). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

صفت شاخص سطح سبز در بوته بیشتر تحت تأثیر سطوح کودهای زیستی باکتری‌ها و پرایمینگ بذر قرار گرفت و به نظر می‌رسد که این جزء در مقایسه با اجزای دیگر از انعطاف‌پذیری بالاتری در برابر نوسانات شرایط محیطی برخوردار باشد. در این راستا گزارش شده است که تلقیح گیاه با باکتری محرک رشد، سبب بهبود رشد گیاه می‌شود (۱۶). محلول‌پاشی توسط جلبک دریایی بر کلزا (*Brassica anapus*) باعث افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و افزایش فسفر و پتاسیم محتوای برگ در نتیجه افزایش سطح سبز گیاهان شد (۳۰). به نظر می‌رسد تیمارهای کاربرد باکتری همراه با پرایمینگ و محلول‌پاشی با اسیدآمینه از طریق پیامدهای مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم درون سلول‌ها و همچنین افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها، سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها شده و در نتیجه بر میزان سطح سبز گیاه نخود تأثیر گذاشته است.

برنامه‌های تغذیه‌ای تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک و تعداد شاخه در بوته در ژنوتیپ‌های نخود کابلی مورد مطالعه نداشتند (جدول ۴).

تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر معنی‌دار برهمکنش برنامه‌های تغذیه‌ای و ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۵). در ژنوتیپ ILC72 تعداد غلاف در بوته در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای تغذیه‌ای بیشتر بود اما تفاوت معنی‌داری با آن‌ها نداشت. در ژنوتیپ‌های MCC463 و FLIP02-51 بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی مشاهده شد که نسبت به شاهد به ترتیب ۸۸ و ۳۰ درصد غلاف بیشتری تولید کردند. در دو ژنوتیپ MCC741 و ILC8617 تیمار کاربرد باکتری‌ها نسبت به سایر تیمارها برتر بودند و نسبت به شاهد به ترتیب ۵۸ و ۸۹ درصد غلاف بیشتری تولید کردند (جدول ۶).

تعداد غلاف در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، زیرا غلاف از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه بوده و از طرف دیگر تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای دانه‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که تعداد غلاف بیشتر اغلب منجر به افزایش عملکرد نهایی در حبوبات می‌شود. در این پژوهش، ژنوتیپ‌های MCC463 و FLIP02-51 در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی و ژنوتیپ‌های MCC741 و ILC8617 در تیمار کاربرد باکتری‌ها در مقایسه با سایر تیمارها تعداد غلاف در بوته بیشتری تولید کردند. مصرف تلفیقی کودهای زیستی همراه با محلول‌پاشی می‌تواند به‌واسطه تأمین عناصر غذایی زمینه لازم برای رشد بهتر ریشه و جذب آب را فراهم کند و این امر موجب افزایش رشد رویشی و واحدهای زایشی گردد. استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر (مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده فسفات) و بیوسولفور (حاوی باکتری‌هایی از جنس تیوباسیلوس) سبب افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته کنجد گردید (۱۳). همچنین محلول‌پاشی لوبیا با سالسیلیک اسید موجب افزایش ۴۸/۸ درصدی تعداد غلاف در بوته شد (۱۰).

جدول ۵- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال اثر برنامه تغذیه‌ای بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی

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

S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی df	تعداد دانه در غلاف Grain. Pod^{-1}	وزن صد دانه 100- grain weight	زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest Index
بلوک Block	2	0.343 ^{ns}	0.425 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.457 ^{ns}	0.574 ^{ns}
برنامه غذایی Nutrition program (N)	4	0.206 ^{ns}	0.523 ^{ns}	0.001 **	0.001 **	0.113 ^{ns}
خطای فرعی Error a	8					
ژنوتیپ Genotype (G)	4	0.201 ^{ns}	0.882 ^{ns}	0.007 *	0.003 *	0.001 **
N×G	16	0.209 ^{ns}	0.407 ^{ns}	0.005 *	0.001 **	0.001 **
خطا Error	40					
ضریب تغییرات CV%		25.49	22.79	12.46	18.10	12.29

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

Ns: no significant at probability level of 5%, * and **: significant at probability level of 5 and 1%, CV: Coefficient of Variation.

جدول ۶- تأثیر برنامه غذایی بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی

Table 6- Effect of nutrition programs on measured traits in chickpea Kabuli genotypes

صفات Parameters	برنامه غذایی Nutrition program	ILC72	MCC463	MCC741	ILC8617	FLIP02-51
شاخص سطح سبز Green area index	Control	1.187^{e-g}	1.107^{fg}	1.440^{d-g}	1.180^{e-g}	1.343^{d-g}
	BF	1.790^{c-f}	1.593^{d-g}	1.563^{d-g}	2.870^{ab}	1.357^{d-g}
	P+BF	2.100^{b-d}	2.037^{b-e}	3.077^{a}	1.363^{d-g}	2.170^{b-d}
	BF+F	0.867^{g}	1.907^{c-f}	2.587^{a-c}	1.633^{d-g}	1.467^{d-g}
	P+BF+F	1.430^{d-g}	1.447^{d-g}	1.427^{d-g}	0.837^{g}	1.163^{e-g}
تعداد غلاف در بوته Pod No. Plant^{-1}	Control	36.33^{a-c}	18.66^{c}	23.00^{bc}	25.00^{bc}	31.66^{a-c}
	BF	30.00^{a-c}	31.00^{a-c}	36.33^{a-c}	47.33^{a}	26.33^{bc}
	P+BF	28.33^{a-c}	18.33^{c}	25.00^{bc}	34.00^{a-c}	29.33^{a-c}
	BF+F	27.33^{a-c}	35.00^{a-c}	23.33^{bc}	37.00^{a-c}	41.00^{ab}
	P+BF+F	25.33^{bc}	26.00^{bc}	25.00^{bc}	32.33^{a-c}	21.33^{bc}
عملکرد دانه Grain yield (g.m^{-2})	Control	91de	122^{a-e}	78^{e}	122^{a-e}	137^{a-d}
	BF	122^{a-e}	110^{a-e}	159^{a}	116^{a-e}	154^{ab}
	P+BF	102^{b-e}	75^{e}	107^{a-e}	156^{ab}	117^{a-e}
	BF+F	85de	74^{e}	95^{c-e}	149^{a-c}	95^{c-e}
	P+BF+F	123^{a-e}	127^{a-e}	99^{c-e}	117^{a-e}	107^{a-e}
زیست‌توده Biological yield (g.m^{-2})	Control	241^{h-j}	286^{d-g}	269^{e-i}	307^{b-e}	318^{b-d}
	BF	285^{d-h}	238^{ij}	327^{b-d}	302^{b-e}	332^{bc}
	P+BF	302^{b-e}	251^{f-j}	291^{c-f}	346^{ab}	335^{bc}
	BF+F	184^{k}	245^{g-j}	240^{h-j}	383^{a}	263^{e-j}
	P+BF+F	222^{jk}	266^{e-j}	228^{i-k}	325^{b-d}	290^{c-g}
شاخص برداشت Harvest Index (%)	Control	38.33^{a-c}	43.00^{a-c}	28.66^{c}	39.33^{a-c}	43.00^{a-c}
	BF	44.00^{a-c}	46.66^{a-c}	47.66^{ab}	38.33^{a-c}	46.00^{a-c}
	P+BF	33.66^{bc}	30.00^{bc}	37.00^{bc}	45.00^{a-c}	34.66^{bc}
	BF+F	46.33^{a-c}	31.33^{bc}	39.33^{a-c}	39.00^{a-c}	36.33^{bc}
	P+BF+F	55.66^{a}	48.33^{ab}	43.00^{a-c}	36.00^{bc}	37.00^{bc}

پرایمینگ (P)،کود زیستی (BF) و محلول‌پاشی (F). میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری 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≤0.05) based on last significant difference test (LSD). MCC: Mashhad Chickpea Collection.

برنامه‌های تغذیه‌ای تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن صد دانه در ژنوتیپ‌های نخود کابلی مورد مطالعه نداشتند (جدول ۵).

برهمکنش تیمارهای تغذیه‌ای و ژنوتیپ‌ها از نظر زیست‌توده معنی‌دار بود (جدول ۵). در ژنوتیپ ILC72 بیشترین میزان زیست‌توده در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با پرایمینگ بذر حاصل شد که نسبت به شاهد ۲۵ درصد افزایش نشان داد. در این ژنوتیپ سایر تیمارهای تغذیه‌ای به‌جز تیمار کاربرد باکتری‌های همراه با محلول‌پاشی از شاهد برتر بودند. در ژنوتیپ MCC463 هیچ یک از تیمارهای تغذیه‌ای نتوانستند موجب افزایش میزان زیست‌توده گردند. در ژنوتیپ MCC741 تیمار کاربرد باکتری‌ها از نظر میزان زیست‌توده از سایر تیمارها برتر بود و نسبت به شاهد ۲۲ درصد زیست‌توده بیشتری تولید کرد. میزان زیست‌توده در ژنوتیپ ILC8617 در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی از سایر تیمارها بیشتر بود و نسبت به شاهد ۲۵ درصد زیست‌توده بیشتری داشت. در ژنوتیپ FLIP02-51 تیمارهای کاربرد باکتری‌ها همراه با پرایمینگ بذر و کاربرد باکتری‌های به‌تنهایی بالاترین مقدار زیست‌توده را تولید کردند و به ترتیب نسبت به شاهد ۵ و ۴ درصد نسبت به شاهد برتر بودند (جدول ۶).

ازآنجاکه کاربرد کودهای زیستی امکان دسترسی به عناصر غذایی برای گیاه را فراهم می‌کند این عناصر به رشد سریع گیاه کمک خواهند کرد. گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (۶). این ترکیب‌ها در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل کرده و وقتی وارد سلول گیاهی می‌شوند، به‌واسطه خلوص بالا وارد فرآیندهای متابولیکی می‌شوند (۳۴). تأثیر مثبت کاربرد اسیدهای آمینه به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد بر تولید گیاهان توسط پژوهشگران گزارش شده است (۹ و ۱۹). از نتایج حاضر می‌توان چنین استنباط کرد که پرایمینگ بذر، کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی با تسریع در سبز شدن، افزایش تثبیت نیتروژن و حلالیت فسفر و پتاسیم خاک و بهبود فرآیندهای رشد در گیاه با ترکیب‌های ضد تنش باعث افزایش زیست‌توده گیاه در نخود شده است.

عملکرد دانه نخود به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی در این مطالعه تحت

تأثیر برهمکنش معنی‌دار تیمارهای تغذیه‌ای و ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۵). در دو ژنوتیپ ILC72 و MCC463 تیمار پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های و محلول‌پاشی بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد به‌طوری‌که در این دو ژنوتیپ عملکرد دانه نسبت به شاهد به ترتیب ۳۵ و ۴ درصد (۳۲۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش عملکرد مشاهده شد. در ژنوتیپ MCC741 تیمار کاربرد باکتری‌ها به‌تنهایی موجب افزایش ۲ برابری (۸۱۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. عملکرد دانه در ژنوتیپ ILC8617 در تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با پرایمینگ بذر نسبت به سایر تیمارها در این ژنوتیپ بیشتر بود و نسبت به شاهد ۲۸ درصد (۳۴۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش نشان داد در این ژنوتیپ تیمار کاربرد باکتری‌ها همراه با محلول‌پاشی نیز از برتری قابل‌توجهی نسبت به شاهد (۲۲ درصد، ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود. در ژنوتیپ FLIP02-51 تیمار کاربرد باکتری‌ها موجب افزایش ۱۲ درصدی (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد گردید (جدول ۶).

در مطالعه ارزیابی بخشی از مجموعه ژرم پلاسم نخود بانک بذر دانشگاه فردوسی مشهد، تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای ازنظر خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی گزارش‌شده است (۲۴). در مطالعه حاضر باوجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها به نظر می‌رسد بیشتر ژنوتیپ‌ها واکنش قابل قبولی به برنامه‌های تغذیه‌ای نشان دادند. بهبود شرایط تغذیه برای گیاه موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص بهتر فرآورده‌های فتوسنتزی در جهت افزایش عملکرد می‌شود. در سایر پژوهش‌ها نیز کاربرد کودهای زیستی (ریزوبیوم همراه با میکوریزای آربسکولار) برای گیاه نخود، به‌واسطه افزایش وزن خشک گره در مقایسه با کاربرد تنهای ریزوبیوم توانست منجر به افزایش عملکرد گردد (۳۱). باکتری‌های محرک رشد علاوه بر بهبود شرایط تغذیه با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۳۸).

شاخص برداشت تحت تأثیر معنی‌دار برهمکنش تیمارهای تغذیه و ژنوتیپ‌های نخود کابلی قرار گرفت (جدول ۵). در دو ژنوتیپ ILC72 و MCC463 تیمار پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌های و محلول‌پاشی بیشترین شاخص برداشت را نشان داد که نسبت به شاهد به ترتیب ۱۷ و ۵ درصد شاخص برداشت بیشتری داشتند (جدول ۶). تیمار کاربرد باکتری‌ها به‌تنهایی در ژنوتیپ MCC741 بالاترین شاخص برداشت را نسبت به سایر تیمارها دارا بود و این برتری نسبت به شاهد ۱۹ درصد بود در این ژنوتیپ تمامی تیمارهای کودی شاخص برداشت بیشتری نسبت به شاهد دارا بودند. در ژنوتیپ ILC8617 پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌ها موجب افزایش ۶ درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد بود و از سایر تیمارهای نیز شاخص برداشت بالاتری در این ژنوتیپ برخوردار بود. کاربرد باکتری‌ها به تنهایی موجب افزایش شاخص برداشت نسبت به سایر تیمارها در ژنوتیپ FLIP02-51 شد که این برتری نسبت به شاهد ۳ درصد بود (جدول ۶).

تغییرات در شاخص برداشت گیاهان دانه‌ای، نشان‌دهنده تغییر در الگوی توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی است (۳۵). بالاتر بودن شاخص برداشت حاکی از آن است که مواد فتوسنتزی انتقال‌یافته به دانه‌ها نسبت به مواد فتوسنتزی باقی‌مانده در برگ‌ها و ساقه بیشتر است (۲۱). بنابراین برتری بعضی از ژنوتیپ‌ها ازنظر شاخص برداشت در این آزمایش می‌تواند نشان‌دهنده کارایی بیشتر یک ژنوتیپ ازلحاظ ژنتیکی نسبت به ژنوتیپ دیگر در انتقال مواد پرورده به دانه‌ها باشد. با توجه به افزایش عملکرد دانه و افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمارهای تغذیه زیستی افزایش شاخص برداشت در این تیمارها منطقی به نظر می‌رسد و از تفسیر نتایج این پژوهش، چنین استنباط می‌شود که عناصر تغذیه زیستی می‌توانند در افزایش عملکرد و ارتقای سطح تولید نخود مؤثر باشد. به نظر می‌رسد که تولید ماده خشک کمتر و درعین‌حال کاهش ناچیز عملکرد دانه در ترکیب تأثیر ژنوتیپ به همراه عناصر تغذیه‌ای زیستی سبب افزایش عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک و به دنبال آن افزایش شاخص برداشت این تیمارها شده است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد که تیمارهای تغذیه‌ای بر میزان رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مؤثر است و هر ژنوتیپ واکنش متفاوتی به تیمارهای تغذیه‌ای نشان داد. با این وجود ازنظر عملکرد دو ژنوتیپ ILC72 و MCC463 واکنش بهتری به تیمار پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌ها و محلول‌پاشی و ژنوتیپ‌های ILC8617 و FLIP02-51 در تیمار کاربرد باکتری‌ها به‌تنهایی و ژنوتیپ ILC8617 در تیمار پرایمینگ بذر همراه با کاربرد باکتری‌ها از عملکرد بالاتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند. به نظر می‌رسد علی‌رغم تأثیر مثبت کودهای زیستی تا حدی خصوصیات ژنتیکی و نوع ژنوتیپ در رشد و عملکرد گیاه تأثیرگذار بوده؛ بنابراین با توجه به رفتار متفاوت ژنوتیپ‌ها برای بهره‌گیری حداکثر از عناصر تغذیه‌ای و دستیابی به عملکرد بالا انتخاب مناسب ژنوتیپ متناسب با هر منطقه ضروری می‌باشد. در کل با توجه به عملکردهای برداشت شده می‌توان از این پژوهش چنین نتیجه گرفت که مصرف عناصر تغذیه‌ای زیستی موجب بهبود رشد و به تبع آن افزایش عملکرد گیاه نخود و همچنین از طرفی دیگر سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی رایج گردیده و در نتیجه آن سبب کاهش هزینه‌ها، حفظ سلامت خاک و تولیدات کشاورزی و همچنین کاهش آلودگی

زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی گردیده است بنابراین می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی رایج باشد.

منابع

1. Akbari P., Ghalavand A., and 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 with English abstract)
2. Asadi R.H., Khavazi K., Asgharzadeh A., Rejali F., and Afshari M. 2012. Biofertilizers in Iran: Opportunities and challenges. Iranian Journal of Soil Research 26(1): 77-87. (In Persian with English abstract)
3. Biswas J.C., Ladha J.K., Dazzo F.B., Yanni Y.G., and Rolfe B.G. 2000. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. Agronomy Journal 92(5): 880-886.
4. Chau C.F., and Cheung P.C.K. 1998. Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. Food Chemistry 61(4): 429-433.
5. Costa M.L., Civello P.M., Chaves A.R., and Martínez G.A. 2005. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20 C. Postharvest Biology and Technology 35(2): 191-199.
6. El-Naggar A., de Neergaard A., El-Araby A., and Høgh-Jensen H. 2009. Simultaneous uptake of multiple amino acids by wheat. Journal of Plant Nutrition 32(5): 725-740.
7. Etesami H., and Maheshwari D.K. 2018. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. Ecotoxicology and Environmental Safety 156: 225-246.
8. Ghassemi-Golezani K., Aliloo A.A., Valizadeh M., and Moghaddam M. 2008. Effects of hydro and osmo-priming on seed germination and field emergence of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 36(1): 29-33.
9. Hassanpanah D., Gurbanov E., Gadimov A., and Shahriari R. 2008. Shortening transplantation periods of potato plantlets by use of potassium humate and kadostim and their effects on mini-tuber production. Pakistan Journal of Biological Sciences 11(10): 1370-1374.
10. Hegazi A.M., and El-Shraiy A.M. 2007. Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common bean. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 1(4): 834-840.
11. Hu J., Xie X.J., Wang Z.F., and Song W.J. 2006. Sand priming improves alfalfa germination under high-salt concentration stress. Seed Science and Technology 34(1): 199-204.
12. Iran Agriculture Statistics. 2018. Volume I: Crops. Ministry of Jihad-e-Agriculture Iran. (In Persian)
13. Jahan M., Aryaee M., Amiri M., and Ehyaee H. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of *Lathyrus* sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.). Journal of Agroecology 5(1): 1-15. (In Persian with English abstract)
14. Kaur M., and Singh N. 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Food Chemistry 91(3): 403-411.
15. Kaur S., Gupta A.K., and Kaur N. 2006. Effect of hydro-and osmopriming of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds on enzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. Plant Growth Regulation 49(2): 177-182.
16. Kaymak H.Ç., Güvenç İ., Yarali F., and Dönmez M.F. 2009. The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 33(2): 173-179.
17. Khaleghnezhad V.A.H.I.D.E.H., and Jabbari F. 2014. Effect of seed inoculation with Rhizobium and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of chickpea in irrigated and rainfed conditions. Journal of Crops Improvement 16(4): 957-972. (In Persian with English abstract)
18. Kumar S., Pandey P., and Maheshwari 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. Liu X.Q., Ko K.Y., Kim S.H., and Lee K.S. 2007. Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 39(1-2): 269-281.
20. Lu Y., Song S., Wang R., Liu Z., Meng J., Sweetman A.J., Jenkins A., Ferrier R.C., Li H., Luo W., and Wang T. 2015. Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. Environment International 77: 5-15.
21. Majnoon Hosseini N., Mohammadi H., Poustini K., and Zeinaly Khanghah H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer*

arietinum L.). Iranian Journal Agriculture Science 34(4): 1011-1019. (In Persian with English abstract)
22. Malboubi M.A., and Habibpour Mehraban F. 2018. Agricultural biotechnology and food safety. Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 3(1): 103-112.
23. Mohammadi K., and Sohrabi Y. 2012. Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: a review. Journal Agriculture Biological Science 7(5): 307-316.
24. Nezami A., Poramir F., Momeni S., Porsa H., Ganjeali A., and Bagheri A. 2012. Evaluation of a subset of chickpea germplasm collection of Ferdowsi University of Mashhad Seed Bank II. Kabuli type chickpeas. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 17-30. (In Persian with English abstract)
25. Parida A.K., and Das A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60(3): 324-349.
26. Posmyk M.M., and Janas K.M. 2007. Effects of seed hydropriming in presence of exogenous proline on chilling injury limitation in *Vigna radiata* L. seedlings. Acta Physiologiae Plantarum 29(6): 509-517.
27. Salardini A.A., and Mojtahedi M. 1988. Principles of plant nutrition. Tehran University Center Press. Iran. (In Persian)
28. Salvagiotti F., Castellarín J.M., Miralles D.J., and Pedrol H.M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Research 113(2): 170-177.
29. Selosse M.A., Baudoin E., and Vandenkoornhuyse P. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. Comptes Rendus Biologies 327(7): 639-648.
30. Shehata S.M., Abdel-Azem H.S., Abou El-Yazied A., and El-Gizawy A.M. 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. European Journal of Scientific Research 58(2): 257-265.
31. Solaiman A.R.M., Rabbani M.G., and Molla M.N. 2005. Effects of inoculation of Rhizobium and arbuscular mycorrhiza, poultry litter, nitrogen, and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean Journal of Crop Science 50(4): 256-261.
32. Şükran D.E.R.E., GÜNEŞ T., and 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): 13-18.
33. Szepesi Á. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt-and osmotic stress. Acta Biologica Szegediensis 49(1-2): 123-125.
34. Thornton B., and Robinson D. 2005. Uptake and assimilation of nitrogen from solutions containing multiple N sources. Plant, Cell and Environment 28(6): 813-821.
35. Unkovich M., Baldock J., and Forbes M. 2010. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: examples from Australian agriculture. Advances in Agronomy 105: 173-219.
36. Vadivel V., and Janardhanan K. 2001. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, Cassia floribunda Cav. Food Chemistry 73(2): 209-215.
37. Walker A.J. 2001. The effects of soil fertilizer, nitrogen and moisture on yield, oil and protein of flaxseed. Field Crop Research 932: 101-114.
38. Zahir Z.A., Ghani U., Naveed M., Nadeem S.M., and Asghar H.N. 2009. Comparative effectiveness of Pseudomonas and Serratia sp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. Archives of Microbiology 191(5): 415-424.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 5, Dec.-Jan. 2021, p. 689-701

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۵، آذر – دی ۱۴۰۰، ص. ۷۰۱-۶۸۹

Effect of Bio-Nutrition and Seed Priming on Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Kaboli Type

H. Auobi[1]- J. Nabati[2*]- A. Nezami[3]- M. Kafi[4]
Received: 08-06-2021
Accepted: 04-10-2021

Introduction: The excessive use of chemical fertilizers devastates soil fertility and causes different types of environmental pollution. Therefore, using adequate eco-friendly fertilizers in agriculture enhances productivity but has no adverse effect on nature. Recently, there has been reported that beneficial soil microbes produce some volatile organic compounds, which are beneficial to plants. The amendment of these microbes with locally available organic materials and nanoparticles is currently used to formulate biofertilizers for increasing plant productivity. These bacteria are naturally present in soils, but their population decreases for a long time because of long-term environmental stress, improper use of chemical agents, and the absence of a suitable host plant. Adding these bacteria to the soil, before or during the growing season, increases the growth and production of agricultural products. Since available water is the main growth limiting factor in chickpea cultivation, it is useful to improve nutrition, especially using plant growth-promoting rhizobacteria, for accelerating the growth and development of plants at the end of the season.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of bio-nutrition and seed priming on growth and yield of chickpea genotypes (MCC463, MCC741, ILC8617, ILC72, FLIP02-51C) an experiment was carried in split plots based on Randomized Complete Block Design with three replications in 2019. Experimental factors included nutritional treatments as the main plots and chickpea genotypes as the subplots. Nutritional treatments were 1- seed priming with the use of free-living nitrogen fixing bacteria, phosphorus solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria (P + BF), 2- free-living nitrogen fixing bacteria, phosphorus solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria before sowing (BF), 3- seed priming with the application of free-living nitrogen fixing bacteria, phosphorus solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria with foliar application of amino acid, potassium and silicon during growth stages (P + BF + F), 4- application of free-living nitrogen fixing bacteria, phosphorus solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria before planting with foliar application of amino acid, potassium and silicon during growth stages (BF + F), and 5- control (without biological and chemical fertilizers). Free-living nitrogen fixing bacteria, phosphorus solubilizing bacteria and potassium solubilizing bacteria were sprayed five liters per hectare on the soil surface before planting with 10^7 CFU per ml and mixed with soil. Foliar application with amino acid (1:1000) was done in two stages (before flowering and 50% flowering stage), and foliar application with potassium (1:1000) and silicon (1.5:1000) was carried out in the 50% flowering stage.

Results and Discussion: Results showed that the highest concentration of chlorophyll a was obtained for BF and MCC463 with an increase of 3.1 times greater than control. The highest concentration of chlorophyll b was obtained for BF + F and FLIP02-51. The highest green area index was recorded for MCC741 in P + BF. The highest number of pods per plant in MCC463 and FLIP02-51 was observed in BF + F, with 88 and 30% more than the control, respectively. The highest biomass produced was obtained for ILC8617 and BF + F, by 24% higher than the control. ILC72 and MCC463 showed the highest grain yield in P + BF + F treatment, which increased grain yield by 35% and 4% (320 and 50 kg/ha), respectively, with respect to control. MCC741under BF treatment showed a doubled (810 kg/ha) grain yield relative to control. The highest grain yield for P + BF was found in ILC8617 and increased by 28% (340 kg/ha) as compared to control. In this genotype, grain yield in BF + F was also significantly greater than that in the control by 22%, (270 kg/ha). FLIP02-51 grain yield in BF increased by 12% (170 kg/ha) as compared with the control.

Conclusion: In terms of seed yield, ILC72 and MCC463 were more responsive to P + BF + F and ILC8617 and FLIP02-51 in the BF and ILC8617 in P + BF with respect to other treatments. It seems that despite the

1, 3 and 4- M.S in Agronomy and Professors, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
2- Assistant Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/JSW.2021.70395.1054

positive effect of biofertilizer, genetic characteristics of genotypes are influential in plant growth and yield; therefore, it is necessary to select the appropriate genotype for each region so as to make the most utilization of the nutrients and achieve high yield.

Keywords: Amino acids, Biofertilizer, Foliar application, Priming, Silicone