

The effect of different levels of phosphorus and biofertilizers on photosynthetic parameters and seed yield of Mungbean (*Vigna radiata* L.)

Fahimeh Rezapoorian Ghahfarookhi¹, Serollah Galeshi^{2*}, Ebrahim Zeinali³, Benjamin Torabi⁴

¹ PhD Graduated in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: f.rezapoorian1389@yahoo.com

² Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: galeshi@gau.ac.ir

³ Associate Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: e.zeinali@gau.ac.ir

⁴ Associate Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: ben_torabi@yahoo.com

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2020/12/02

Revised: 2023/06/09

Accepted: 2023/06/20

Keywords:

Azospirillum lipoferum

Chlorophyll

Grain protein

Pseudomonas fluorescens

SPAD value

ABSTRACT

Background and objectives: The mungbean (*Vigna radiata* L.) is one of the most important species of legumes. The seeds are an excellent sources of phosphorus. The phosphorus application to legumes have positive effect on nodulation through enhance root proliferation and thus helps in increase nitrogen fixation, So that Phosphorus deficiency is considered as one of the major constraints to successful production of legume. Biofertilizers have high potential for increasing the efficiency of Phosphorus, and ultimately stimulate plant growth. Therefore, this study was conducted to evaluate the biofertilizers in the release of soil insoluble phosphorus and to investigate the effect of plant growth promoting bacteria, Mycorrhizal fungi on photosynthetic pigmentation and nutrient elements during the period of mungbean growth.

Materials and methods: To study the effect of different levels of phosphorus and biofertilizers on photosynthetic parameters and seed yield of Mungbean (*Vigna radiata* L.) a field experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at research field of the Faculty of Agriculture of Gorgan University in 2016-2017. The treatments of this research consisted of three levels of phosphorus (Control, 150 Kg ha⁻¹ and 225 Kg ha⁻¹) and eight levels of plant growth promoting bacteria and Mycorrhizal fungi (Control, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*, *Azospirillum* and *Pseudomonas*, *Azospirillum* and *Glomus mosseae*, *Pseudomonas* and *Glomus mosseae*, and *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*). Measured traits were photosynthetic pigments, including chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, SPAD value (four leaves stage, flowering and pod filling stage), grain protein and nitrogen content in plant aerial parts, leaf area index and seed yield were recorded. Data were subjected to analysis of variance procedure using the SAS statistical software and for the mean comparison, the least significant difference (LSD) test method was used at 5% probability level.

Results: The results showed that the effect of phosphorus fertilizer and Plant growth promoting bacteria, Mycorrhizal fungi on photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids), SPAD value, grain protein,

nitrogen content in plant aerial parts at different stages of plant growth, leaf area index and seed yield were significant, but the interaction of phosphorus fertilizer and plant growth promoting bacteria, Mycorrhizal fungi levels was not significant on any of the studied traits. The results showed that the highest amount of chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, SPAD, grain protein and nitrogen content in plant aerial parts, leaf area index and seed yield were obtained at 225 Kg ha⁻¹ phosphorus fertilizer. Application of Plant growth promoting bacteria, Mycorrhizal fungi led to increase in the amount of photosynthetic pigments, seed protein and nitrogen content of plant aerial parts, leaf area index and seed yield.

Conclusion: The results of this study indicated that the photosynthetic pigments, seed protein, nitrogen accumulation in the plant and leaf area index were increased by increasing the amount of phosphorus fertilizer. Also, the optimal effect of Plant growth promoting bacteria and Mycorrhiza on photosynthetic pigments and increasing the protein content of seeds and nitrogen in different stages of plant growth which ultimately led to an increase in seed yield.

Cite this article: Rezapoorian Ghahfarookhi, F., Galeshi, S., Zeinali, E., Torabi, B. 2023. The effect of different levels of phosphorus and biofertilizers on photosynthetic parameters and seed yield of Mungbean (*Vigna radiata* L.). *Crop Production Journal*, 16 (1), 1-24.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejcp.2023.15925.2185

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۲۳۹۸
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



بررسی اثر سطوح مختلف کود فسفر و بیولوژیک بر پارامترهای فتوسنتزی و عملکرد دانه گیاه ماش (*Vigna radiate L.*)

فهیمة رضاپوریان قهفرخی^۱، سراله گالشی^{۲*}، ابراهیم زینلی^۳، بنیامین ترابی^۴

^۱ دانش‌آموخته دکتری در رشته زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: f.rezapoorian1389@yahoo.com

^۲ استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: galeshi@gau.ac.ir

^۳ دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: e.zeinali@gau.ac.ir

^۴ دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: ben_torabi@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: ماش یک گونه‌ی مهم از خانواده لگوم‌ها است که دانه‌های آن سرشار از فسفر می‌باشد. کاربرد کود فسفر در گیاهان لگوم اثر مثبتی روی گره‌بندی ریشه دارد و از طریق افزایش سطح ریشه موجب افزایش تثبیت نیتروژن می‌شود، به طوری که کمبود فسفر به عنوان یکی از محدودیت‌های عمده برای تولید لگوم‌ها معرفی شده است. کودهای زیستی توان بالایی برای افزایش کارایی فسفر کاربردی و در نهایت تحریک رشد گیاه دارند. بنابراین، این پژوهش به منظور ارزیابی کودهای زیستی در آزادسازی فسفر نامحلول خاک و بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاه ماش انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰	مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال زراعی ۹۶ - ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا شد. به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر در این طرح، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کود فسفر (سوپر فسفات تریپل) به عنوان فاکتور اول در سه سطح (عدم مصرف (شاهد)، مقدار مطلوب (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ۵۰ درصد (بیش تر از حد مطلوب معادل با ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)) بر اساس آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت. ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز آربوسکولار در هشت سطح (عدم مصرف باکتری و قارچ (شاهد)، باکتری <i>Azospirillum lipoferum</i> ، باکتری <i>Sodomonas flourescens</i> و ترکیب <i>Glomus mosseae</i>)، ترکیب <i>Azospirillum lipoferum</i> و <i>Sodomonas flourescens</i> ، <i>Azospirillum lipoferum</i> و قارچ، <i>Sodomonas flourescens</i> و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، عدد کلروفیل متر (SPAD) (مرحله چهار برگی، گلدهی و پر شدن کامل غلاف)، درصد نیتروژن در اندام هوایی گیاه (مرحله رویشی و زایشی)، شاخص سطح برگ (مرحله گلدهی)، درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه می‌باشد.
واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم لیپوفریم پروتئین دانه سودوموناس فلورسنس عدد کلروفیل متر (SPAD) کلروفیل	

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. همچنین، جهت انجام مقایسات میانگین از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز بر رنگیزه‌های فتوستتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، عدد کلروفیل متر (SPAD)، درصد پروتئین دانه، درصد نیتروژن در اندام هوایی گیاه، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه معنی‌دار بود، اما اثر متقابل سطوح کود فسفر و باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز بر هیچ کدام از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، SPAD، درصد پروتئین دانه و درصد نیتروژن اندام هوایی، در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به‌دست آمد و کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز منجر به افزایش میزان رنگیزه‌های فتوستتزی، درصد پروتئین دانه، نیتروژن اندام هوایی و عملکرد دانه گیاه شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه حاکی از افزایش رنگیزه‌های فتوستتزی، پروتئین دانه، تجمع نیتروژن در اندام هوایی گیاه و شاخص سطح برگ با افزایش میزان فسفر کودی بود. همچنین، اثر مطلوب تلفیق باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ مایکوریز بر رنگیزه‌های فتوستتزی و افزایش میزان پروتئین دانه و نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه شد.

استناد: رضاپوریان قهفرخی، ف.، گالشی، س.، زینلی، ا.، تراپی، ب. (۱۴۰۲). بررسی اثر سطوح مختلف کود فسفر و بیولوژیک بر پارامترهای فتوستتزی و عملکرد دانه گیاه ماش (*Vigna radiate* L.). مجله تولید گیاهان زراعی، ۱۶ (۱)، ۱-۲۴.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.15925.2185



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

گیاهان خانواده لگوم، شامل بسیاری از گونه‌های مهم هستند که به عنوان غذا و علوفه در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱). ماش (*Vigna radiata* L.) یکی از مهم‌ترین گونه‌های این خانواده می‌باشد که دانه‌های آن سرشار از فسفر و منبع ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها است که از نظر مواد پروتئینی غنی بوده و حدود ۲۴ درصد پروتئین دارد (۲، ۳). فسفر به‌عنوان دومین عنصر کلیدی و ضروری مورد نیاز، جهت تولید بالا و پایدار دانه گیاهان لگوم محسوب می‌شود (۴). به‌طوری‌که کمبود فسفر به‌عنوان یکی از محدودیت‌های عمده برای تولید لگوم‌ها معرفی شده است (۵). فسفر حدود ۲ درصد از وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهد و نقش بیوشیمیایی ضروری را در فتوسنتز، تنفس، ذخیره و انتقال انرژی، تقسیم و بزرگ شدن سلول و چند فرایند دیگر در طی زندگی گیاه بازی می‌کند (۶). گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد کود فسفر در گیاهان لگوم اثر مثبتی روی گره‌بندی ریشه دارد و از طریق افزایش سطح ریشه موجب افزایش تثبیت نیتروژن می‌شود (۴)، با توجه به رشد سریع جمعیت جهان و افزایش تقاضا برای غذا و علوفه مصرف کودهای فسفوره در طول قرن گذشته بیش از ۴ برابر شده است (۷). از طرفی، وابستگی زیاد به کودهای شیمیایی اثرات زیان‌باری بر محیط زیست، آب و هوا و همچنین سلامت انسان وارد می‌کنند (۴، ۸). در چنین شرایطی کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌ها با تبدیل کمپلکس‌های آلی به ترکیبات ساده از محیط محافظت کرده و موجب افزایش عملکرد محصول به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد می‌شوند این کودها می‌توانند تا ۲۵ درصد جایگزین کودهای شیمیایی فسفر و نیتروژن و در نهایت تحریک رشد گیاه شوند (۹، ۱۰). در میان

میکروارگانیسم‌های موثر، باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۱) و توان بالایی برای افزایش کارایی فسفر کاربردی دارند (۴). این میکروارگانیسم‌ها به‌عنوان یک پیوند بین ریشه گیاهان و مواد معدنی می‌باشند (۱۲) و از طریق فرایندهای طبیعی شامل تثبیت نیتروژن، محلول‌سازی فسفر و سنتز مواد محرک موجب رشد گیاه می‌شوند (۱۳). وال پول و یون (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد توام کودهای شیمیایی فسفر و باکتری‌های حل‌کننده فسفر در گیاه ماش رشد گیاه را افزایش داد (۱۴).

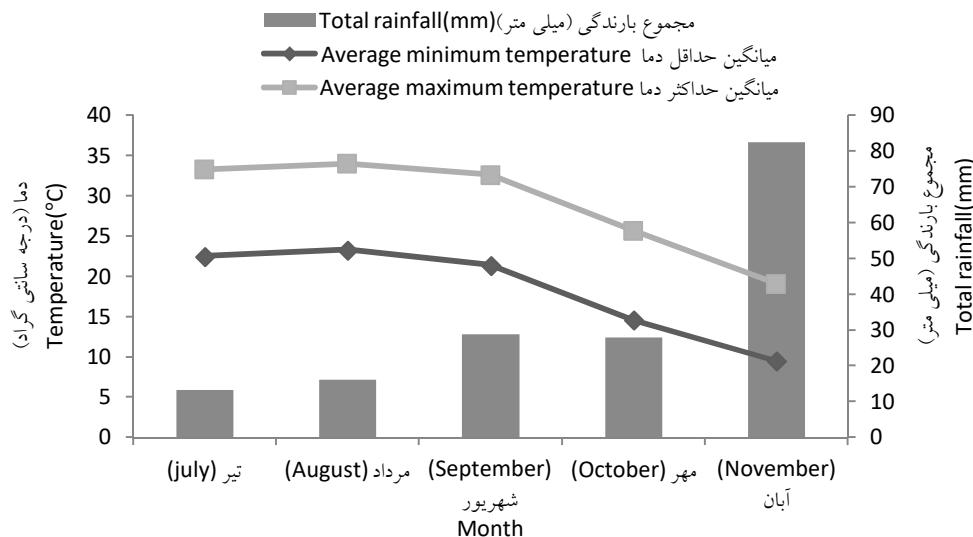
فتوسنتز یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی و تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد و توانایی حفظ آن در شرایط مختلف محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است (۱۵). کلروفیل مهم‌ترین ماده عالم گیاهی یکی از عوامل کلیدی در تعیین شدت فتوسنتز و تولید ماده خشک است و عامل مهمی برای کنترل سلامت سبزی‌نگی برگ می‌باشد (۱۶). تحقیقات نشان می‌دهد که تحت شرایط کمبود فسفر، توسعه‌ی سلولی و برگی نسبت به تشکیل کلروفیل بیش‌تر محدود می‌شود. در مورد کمبود فسفر اندازه‌ی کوچک و رنگ سبز تیره پهنک‌های برگ نتیجه‌ی توسعه ناکافی سلولی و تعداد بیش‌تر سلول در هر ناحیه سطح برگ می‌باشد. بنابراین، محتوای کلروفیل به ازای واحد برگ بیش‌تر خواهد بود و گیاهان دچار کمبود فسفر اغلب دارای برگ‌های با رنگ سبز تیره‌تر نسبت به گیاهان طبیعی هستند (۱۷). خندان میرکوهی و همکاران (۲۰۱۴) با مطالعه کاربرد فسفر در گیاه شمعدانی (*Pelargonium hortorum* cv. Bulles) Eye نشان دادند که تنش شدید کمبود فسفر با کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه منجر به کاهش محتوای کلروفیل گیاهان شده است (۱۷). گزارش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از کود شیمیایی فسفر درصد

دانه با کاربرد کود زیستی فسفر افزایش یافت (۲). این تحقیق با هدف ارزیابی کودهای بیولوژیک در آزادسازی فسفر نامحلول خاک و بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز در سطوح مختلف فسفر بر تغییر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاه و اثر آن در افزایش عملکرد دانه گیاه ماش اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با موقعیت طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی اجرا شد. برخی از خصوصیات اقلیمی محل اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.

پروتئین دانه، درصد نیتروژن، عملکرد پروتئین دانه و کاه را در گیاه افزایش می‌دهد و از طرفی نیز باید دانست که استفاده مداوم و مفرط از کودهای شیمیایی می‌تواند فعالیت باکتریایی و حاصل‌خیزی خاک را به طور محسوسی کاهش دهد (۲). سیما و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد اثر مثبت قابل توجهی بر پارامترهای فیزیولوژی برگ گذاشتند، در واقع آن‌ها گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز و تنفس، هدایت روزنه‌ای و کاهش مقاومت روزنه‌ای می‌شوند (۱۸). درصد پروتئین از جمله صفات کیفی است که در گیاهان بقولات اهمیت ویژه‌ای دارد. گزارشات نشان می‌دهد که درصد پروتئین دانه ماش به میزان زیادی تحت تأثیر شرایط محیط قرار می‌گیرد (۱۹). خواجه و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین



شکل ۱- میانگین حداقل و حداکثر دما (سانتی‌گراد) و مجموع بارندگی (میلی‌متر) در ماه‌های کشت گیاه.

Figure 1- Average minimum and maximum temperature (°C) and total rainfall (mm) in cultivate on months.

شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر در این طرح، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام

قبل از آماده‌سازی بستر از زمین محل اجرای آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری خاک انجام شد و در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت. برخی مشخصات فیزیکی و

۳۰۰ هزار بوته در هکتار کشت شد. بذر ماش مورد نیاز (رقم ۱۹۷۳- VC) برای کشت از جهاد کشاورزی شهرستان گرگان تهیه و در اوایل تیر ماه کشت گردید. جهت تلقیح تیمار کود زیستی (باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا) ابتدا بذرهای ماش در الکل ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه و سپس توسط هیپوکلریت سدیم ۰/۲ درصد به مدت دو دقیقه ضد عفونی سطحی شدند. سپس بذرها سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند تا اثر هیپوکلریت سدیم حذف شود. بذرهای استریل شده با استفاده از تیمارهای باکتری و قارچ تهیه شده از شرکت دانش بنیان همیشه تلقیح گردیده به طوری که باکتری‌ها (با جمعیت ۱۰۸ سلول باکتری در هر گرم جامد پودری) با آب مخلوط و بر روی بذرها پاشیده و سپس اقدام به کشت گردید (به ازای هر کیلوگرم بذر از ۵۰ گرم باکتری استفاده شد). برای جلوگیری از صدمه باکتری‌ها در اثر خشکی بلافاصله اقدام به آبیاری شد. به منظور اعمال تیمارهای مربوط به قارچ مایکوریز، قبل از کاشت، خاک آلوده به قارچ آریسکولار مایکوریز از گونه *Glomus mosseae*، که هر صد گرم از آن حاوی تعداد ۳۰۰ اسپور است به میزان ۶۰ کیلوگرم خاک آلوده به قارچ در هکتار، در زیر بذر در عمق ۲ سانتی‌متر قرار گرفت. در ابتدای کاشت در هر کپه ۳ بذر کشت و پس از استقرار و در زمان ۳ برگی پس از عمل تنک فاصله گیاهچه‌ها از هم به ۱۰ سانتی‌متر رسید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه و شرایط محیطی انجام گرفت. همچنین، در طی فصل رشد علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، عدد کلروفیل متر (SPAD) (مرحله چهار برگی، گلدهی و پر شدن کامل غلاف)، درصد نیتروژن در اندام هوایی

گردید. کود فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) به عنوان عامل اول در سه سطح (عدم مصرف (شاهد)، مقدار مطلوب (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ۵۰ درصد (بیشتر از حد مطلوب معادل با ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)) بر اساس آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت و ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز آریسکولار نیز در هشت سطح (عدم مصرف باکتری و قارچ (شاهد)، باکتری آزوسپیریوم (*Azospirillum lipoferum*)، باکتری سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens*)، قارچ (*Glomus mosseae*))، ترکیب آزوسپیریوم و سودوموناس، آزوسپیریوم و قارچ، سودوموناس فلورسنس و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. قبل از اعمال کود زیستی جهت اطمینان از سالم بودن باکتری‌ها با استفاده از محیط‌های کشت مناسب، تعداد جمعیت باکتری در هر گرم جامد پودری با روش شمارش کلونی مشخص شد. در این آزمایش در همه کرت‌ها با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) مورد استفاده قرار گرفت. مصرف باکتری ریزوبیوم به صورت خاکی بود به طوری که ۲۰۰ گرم باکتری را با ۴ کیلوگرم خاک مخلوط کرده و به طوری مساوی در خطوط مورد کشت هر کرت زیر بذرهای قرار داده شد. پس از عملیات تهیه زمین کودهای حاوی پتاسیم و نیتروژن بر اساس آزمون خاک (اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم (سولفات پتاسیم) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به طور یکسان در سطح مزرعه توزیع گردید. واحدهای آزمایشی به طول ۵ متر و عرض ۲/۵ متر و با فاصله یک متر از واحد آزمایشی مجاور ایجاد شد، به طوری که هر کرت آزمایشی در پنج خط پنج متری با فاصله ثابت ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله بین بوته‌های روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر با تراکم

دانه از روش کج‌جدال استفاده شد و درصد نیتروژن و پروتئین دانه هر یک از نمونه‌ها تعیین شد (۱۰). تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت (۲۱). همچنین، جهت انجام مقایسات میانگین از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

گیاه (مرحله شش برگی و گلدهی)، شاخص سطح برگ (مرحله گلدهی)، درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه می‌باشد. جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ از روش پیشنهادی آرنون (۱۹۶۷) استفاده شد (۲۰). همچنین، مقدار کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (Soil and Plant Analysis Division or SPAD 502) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای نیتروژن اندام هوایی و پروتئین

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

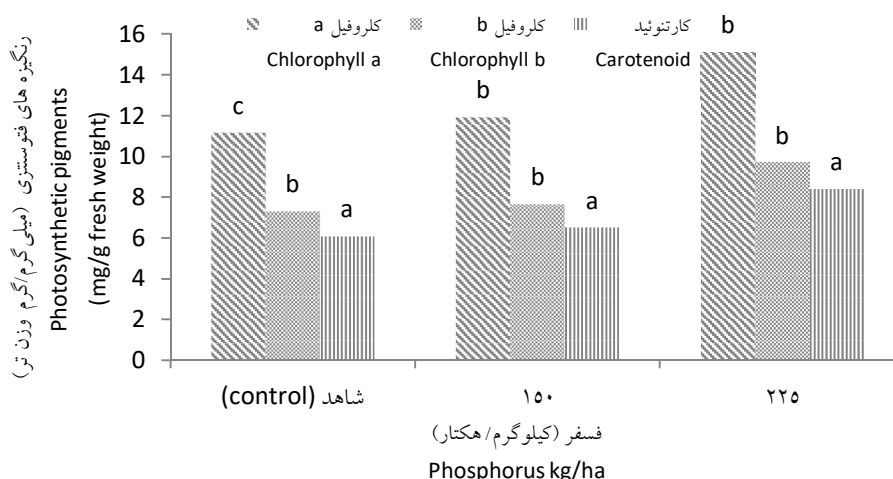
Table 1- Soil chemical and physical characteristics of the research site.

(cm)Depth	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	N (%)	pH	K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)
عمق (سانتی‌متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	اسیدیته	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)
0-30	44.5	41.5	14	0.04	7.1	200	8.3

موسه، کارتنوئید (۷/۸۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و عدد کلروفیل‌متر (۳۴/۰۷) در تیمار تلقیح با باکتری با آزوسپیریلوم و قارچ گلووموس موسه به‌دست آمد که از لحاظ آماری با ترکیب کودهای بیولوژیک دیگر تفاوت معنی‌داری ندارد (جدول ۳). راه‌های بسیار متفاوتی وجود دارد که باکتری‌های محرک رشد می‌توانند اصلاح رشد، سلامتی، تغذیه و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار دهند. افزایش رشد به دلیل اثر متفاوت باکتری روی خود گیاه یا ریزوسفر است که مهم‌ترین آن‌ها اثر بر افزایش برگ و کلروفیل است (۲۲). نتایج مشابهی توسط بیسواس (۲۰۱۳) گزارش شده است که در آن تلقیح سویه‌های باکتری آزوسپیریلوم، هدایت روزه‌ای و میزان کلروفیل گیاه کاهو را افزایش داد (۲۳). زارع و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش میزان کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با قارچ می‌تواند به‌علت وجود رابطه مثبت بین غلظت فسفر و مقدار کلروفیل در گیاهان باشد (۲۴).

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز در مرحله چهار برگی بر صفت رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید) و همچنین، عدد کلروفیل‌متر (SPAD) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۱۵/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل b (۹/۶۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کارتنوئید (۸/۳۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و همچنین، عدد کلروفیل‌متر (۳۴/۹۹) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد (شکل ۲). همچنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۱۴/۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم و قارچ گلووموس موسه، کلروفیل b (۹/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس و قارچ گلووموس



شکل ۲- اثر فسفر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله چهار برگی ماش (در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند).

Figure 2- The effect of phosphorus on photosynthetic pigments in four-leaf stage of mungbean (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$))

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) رنگیزه‌های فتوسنتزی و عدد کلروفیل متر مرحله چهار برگی ماش تحت تاثیر سطوح کودهای بیولوژیک و فسفر
Table 2- Analysis of variance of photosynthetic pigments and SPAD in four leaf stage of mung bean under the levels of biological fertilizers and phosphorus

منبع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	عدد کلروفیل متر
Source of variation	Degrees of freedom	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoid	SPAD
بلوک (Block)	2	3.63*	0.85 n.s	0.85 n.s	20.93*
کود فسفر (Phosphorus)	2	106.46**	50.43**	36.23**	243.84**
کود بیولوژیک (Biofertilizer)	7	13**	7.41**	4.24**	69.26**
فسفر × کود بیولوژیک (Biofertilizer × Phosphorus)	14	0.67 n.s	0.64 n.s	0.26 n.s	4.07 n.s
خطا (Error)	46	0.95	0.57	0.34	5.99
ضریب تغییرات (%) (Coefficient of variation)	-	7.68	9.16	8.42	7.81

n.s, *, ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

n.s, * and **: Non significant and significant $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

عدد کلروفیل متر (۳۶/۲۸) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد (شکل ۳). همچنین، نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۱۴/۸۷ میلی گرم/گرم)، کلروفیل b (۹/۹۶ میلی گرم در گرم) و کارتنوئید (۷/۹۲ میلی گرم در گرم) و همچنین، عدد کلروفیل متر (۳۵/۴۸) در تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس و قارچ گلوبوس موسه به دست آمد که از لحاظ آماری با ترکیب کودهای بیولوژیک دیگر تفاوت معنی داری ندارد (جدول ۵).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز در مرحله گلدهی کامل بر صفت رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید) و همچنین، عدد کلروفیل متر (SPAD) در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در مرحله گلدهی کامل نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a (۱۶/۰۹ میلی گرم در گرم) کلروفیل b (۱۰/۴۵ میلی گرم در گرم) و کارتنوئید (۸/۵۷ میلی گرم در گرم) و همچنین،

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کود بیولوژیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله چهار برگی ماش.

Table 3- Mean comparison of the effect of biofertilizer on photosynthetic pigments in four leaf stage of mungbean.

Treatments تیمارها	کلروفیل a (میلی گرم در گرم) Chlorophyll a (mg/g)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم) Chlorophyll b (mg/g)	کارتونوئید (میلی گرم در گرم) Carotenoid (mg/g)	عدد کلروفیل متر SPAD
شاهد (Control)	10.28 d	6.45 c	5.61 d	25.50 c
آزوسپیریلیوم لیپوفریم (<i>Azospirillum lipoferum</i>)	13.05 abc	8.38 ab	7.22 abc	33.20 a
سودوموناس فلورسنس (<i>Pseudomonas fluorescens</i>)	11.91 c	7.70b	6.53 c	29.52 b
گلواموس موسه (<i>Glomus mosseae</i>)	12.71 bc	8.31 ab	6.95 bc	31.91 ab
آزوسپیریلیوم و سودوموناس (<i>Azospirillum & Pseudomonas</i>)	12.61 bc	8.30 ab	6.96 bc	31.55 ab
آزوسپیریلیوم و گلواموس (<i>Azospirillum & Glomus</i>)	14.01 a	9.16a	7.82 a	34.07 a
سودوموناس و گلواموس (<i>Pseudomonas & Glomus</i>)	13.85ab	9.25 a	7.54 ab	33.60 a
آزوسپیریلیوم و سودوموناس و گلواموس (<i>Azospirillum & Pseudomonas & Glomus</i>)	13.39 ab	8.88 a	7.34 ab	31.16 ab

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

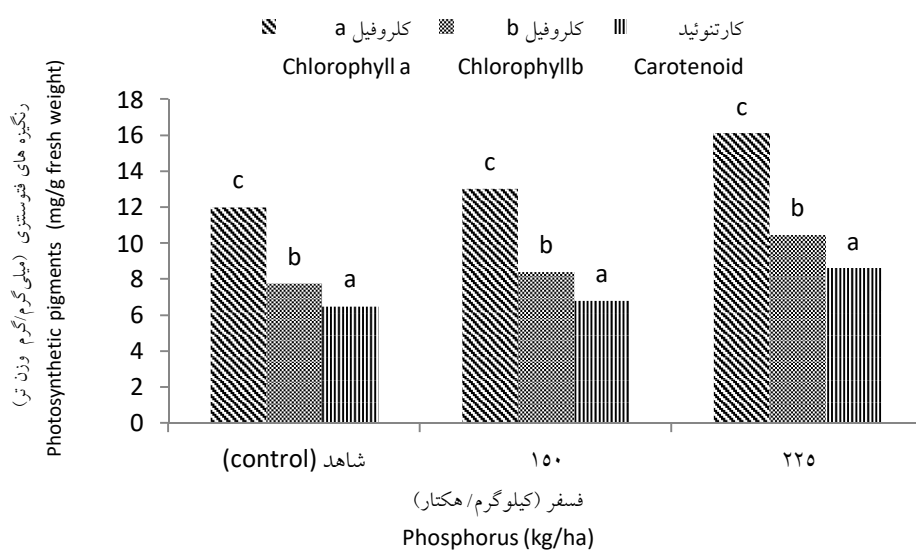
جدول ۴ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) رنگیزه‌های فتوسنتزی مرحله گلدهی و پر شدن کامل غلاف‌های گیاه ماش

Table 4- Analysis of variance of photosynthetic pigments Flowering stage and complete filling of pods stages of mungbean

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	مرحله گلدهی				مرحله پر شدن کامل غلاف‌ها			
		کلروفیل a (میلی گرم در گرم) Chlorophyll a (mg/g)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم) Chlorophyll b (mg/g)	کارتونوئید (میلی گرم در گرم) (mg/g)	عدد کلروفیل متر Spad	کلروفیل a (میلی گرم در گرم) Chlorophyll a (mg/g)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم) Chlorophyll b (mg/g)	کارتونوئید (میلی گرم در گرم) (mg/g)	عدد کلروفیل متر SPAD
بلوک (Block)	2	1.84 ^{n.s}	2.52 ^{n.s}	2.25 ^{n.s}	135.16 ^{**}	1.83 ^{n.s}	0.93 ^{n.s}	0.58 ^{n.s}	8.88 ^{n.s}
کود فسفر (Phosphorus)	2	108.61 ^{**}	47.56 ^{**}	30.42 ^{**}	183.34 ^{**}	79.08 ^{**}	32.31 ^{**}	23.64 ^{**}	151.22 ^{**}
کود بیولوژیک Biofertilizer	7	8.45 [*]	7.68 ^{**}	3.56	54.29 ^{**}	9.37 ^{**}	3.92 ^{**}	2.80 ^{**}	54.16 ^{**}
فسفر × کود بیولوژیک Biofertilizer × Phosphorus	14	5.26 ^{n.s}	0.88 ^{n.s}	0.69 ^{n.s}	12.93 ^{n.s}	1.04 ^{n.s}	0.30 ^{n.s}	0.21 ^{n.s}	3.76 ^{n.s}
خطا (Error)	46	3.76	1.67	1.66	12.81	0.9	0.32	0.21	4.48
ضریب تغییرات (درصد) (Coefficient of variation (%))	-	14.15	14.58	17.70	10.81	9.93	9.63	9.67	8.60

n.s, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

n.s, * and **: Non significant and significant $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively



شکل ۳- اثر فسفر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله گلدهی ماش (در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 3- The effect of phosphorus on photosynthetic pigments in flowering stage of mungbean (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$))

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کود بیولوژیک بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله گلدهی ماش.

Table 5- Mean comparison of the effect of biofertilizer on photosynthetic pigments in flowering stage of mungbean.

تیمارها Treatments	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a (mg/g)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b (mg/g)	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid (mg/g)	عدد کلروفیل متر SPAD
شاهد (Control)	11.79 b	7.09c	6.11b	27.64b
آزوسپیریلوم لیپوفریم (<i>Azospirillum lipoferum</i>)	14.33 a	8.94ab	7.59ab	34.78a
سودوموناس فلورسنس (<i>Pseudomonas fluorescens</i>)	13.18 ab	8 bc	6.81ab	31.76ab
گلوبوس موسه (<i>Glomus mosseae</i>)	14.01ab	9.02ab	7.65ab	33.35a
آزوسپیریلوم و سودوموناس (<i>Azospirillum & Pseudomonas</i>)	13.52ab	9.09ab	7.07ab	33.97a
آزوسپیریلوم و گلوبوس (<i>Azospirillum & Glomus</i>)	14.52a	9.72a	7.9a	34.03a
سودوموناس و گلوبوس (<i>Pseudomonas & Glomus</i>)	14.87a	9.96a	7.92a	35.48a
آزوسپیریلوم و سودوموناس و گلوبوس (<i>Azospirillum & Pseudomonas & Glomus</i>)	13.38ab	9.17ab	7.15ab	33.75a

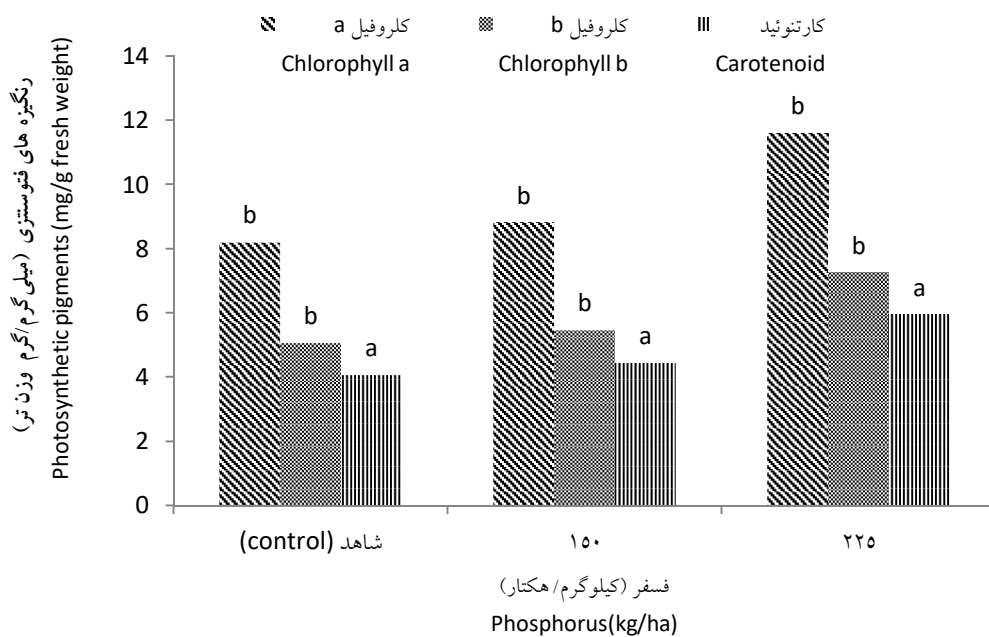
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

محرك رشد و قارچ مایکوریز در مرحله پر شدن کامل
غلاف بر صفت رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a،

همچنین، نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها
نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های

کمی بود فسفر بر خلاف نیتروژن بر محتوای کلروفیل برگ تاثیر چندانی ندارد (۲۵). همچنین، نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۱۰/۸۷ میلی گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل b (۶/۷۷ میلی گرم در گرم وزن تر) و کارتنوئید (۵/۴۷ میلی گرم در گرم وزن تر) و همچنین، عدد کلروفیل متر (۲۷/۹۸) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپریلوم و قارچ گلوبوموس موسه به دست آمد که از لحاظ آماری با ترکیب تیماری باکتری سودوموناس و قارچ مایکوریز و تیمار تلقیح با باکتری آزوسپریلوم، سودوموناس و قارچ مایکوریز تفاوت معنی دار ندارد (جدول ۶).

کلروفیل b و کارتنوئید) و همچنین، عدد کلروفیل متر (SPAD) در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در مرحله پر شدن کامل غلاف‌ها نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a (۱۱/۶۱ میلی گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل b (۷/۲۵ میلی گرم در گرم) و کارتنوئید (۵/۹۵ میلی گرم در گرم وزن تر) و همچنین عدد کلروفیل متر (۲۷/۴۷) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد و بین سطوح مطلوب (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و عدم مصرف کود شیمیایی فسفر از لحاظ آماری تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۴). عارفی و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند که



شکل ۴- اثر فسفر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله پر شدن کامل غلاف‌های گیاه ماش (در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند).

Figure 4- The effect of phosphorus on photosynthetic pigments in full pod-filling stage of mungbean (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$))

بررسی اثر سطوح مختلف کود فسفر و بیولوژیک... / فهیمه رضاپوریان قهفرخی و همکاران

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر کود بیولوژیک در مرحله پر شدن کامل غلاف‌های گیاه ماش

Table 6- Mean comparison of the effect of biofertilizer complete filling of pods stage of mung bean

تیمارها Treatments	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll a (mg/g)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم) Chlorophyll b (mg/g)	کاروتنئید (میلی‌گرم در گرم) Carotenoid (mg/g)	عدد کلروفیل متر SPAD
شاهد (Control)	7.54 d	4.60 d	3.70 d	19.67 d
آزوسپیریلام لیپوفریم (Azospirillum lipoferum)	9.75 abc	6.18 abc	5.04 ab	26.03 ab
سودوموناس فلورسنس (Pseudomonas fluorescens)	8.84 c	5.46 c	4.42 c	23.07 c
گلوبوس موسه (Glomus mosseae)	9.55 bc	5.91 bc	4.79 bc	24.62bc
آزوسپیریلام و سودوموناس (Azospirillum & Pseudomonas)	9.47 bc	5.90 bc	4.79 bc	25.06 bc
آزوسپیریلام و گلوبوس (Azospirillum & Glomus)	10.87 a	6.77 a	5.47 a	27.98 a
سودوموناس و گلوبوس Pseudomonas & Glomus	10.45 ab	6.37 ab	5.29 ab	25.96 ab
آزوسپیریلام و سودوموناس و گلوبوس (Azospirillum & Pseudomonas & Glomus)	9.93 abc	6.25 ab	5.08 ab	24.50 bc

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

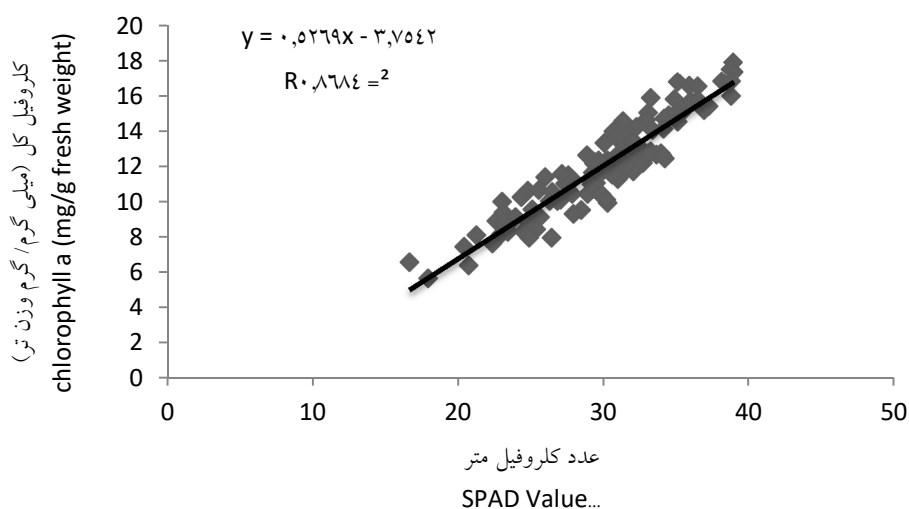
راه غیرتخریبی مطالعه کلروفیل برگ، استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی است (۲۷). کلروفیل متر (SPAD) غلظت نسبی کلروفیل برگ را بر اساس مقدار نور عبور کرده از برگ در دو طول موج که جذب کلروفیل در آن‌ها تفاوت دارد نشان می‌دهد. بنابراین، شاخص‌های SPAD معیاری از مقدار کلروفیل موجود در برگ است (۲۸). تحقیقات نشان می‌دهد که نتایج حاصل از اندازه‌گیری کلروفیل به روش SPAD می‌تواند با برآورد مقدار کلروفیل به روش عصاره‌گیری مرتبط باشد، به طوری که با مقایسه نتایج قرائت SPAD و تعیین کلروفیل به روش عصاره‌گیری و قرائت توسط اسپکترومتر یک همبستگی معنی‌دار وجود دارد (۲۹). شاه و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تنش مواد غذایی و شوری بر گیاه گندم نشان دادند که بین SPAD و مقدار کلروفیل اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف شوری همبستگی

به‌طور کلی، هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری‌ها برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر می‌شود. از این‌رو، عواملی که سبب بهبود شرایط می‌شوند احتمالاً بر میزان کلروفیل نیز اثر دارند (۲۶). سیما و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد اثر مثبت معنی‌داری را بر محتوای کلروفیل نشان دادند. آن‌ها بیان کردند که افزایش در محتوای کلروفیل گیاهان تلقیح شده با کود بیولوژیک ممکن است به دلیل افزایش سطح برگ و متعادل شدن عناصر غذایی در خاک باشد (۱۸).

ارتباط بین SPAD با مقدار کلروفیل: نتایج نشان داد که بین SPAD و کلروفیل اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف فسفر و کودهای بیولوژیک، همبستگی برابر ۰/۸۶ وجود دارد (شکل ۵). آسان‌ترین و سریع‌ترین

که محتوای کلروفیل آن‌ها به وسیله اندازه‌گیری تخریبی محاسبه شده همبستگی مثبتی دارد (۲۷).

مثبت وجود دارد (۳۰). همچنین، ثابت شده است که مقادیر SPAD با محتوای کلروفیل برنج، گندم و سویا

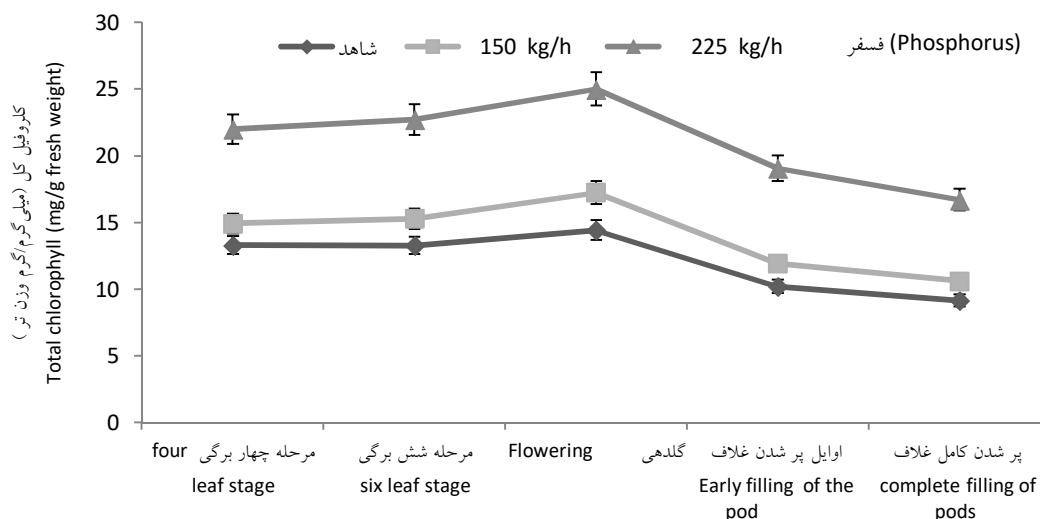


شکل ۵- ارتباط بین SPAD و محتوا کلروفیل برگ گیاه ماش تحت تاثیر سطوح کودهای بیولوژیک و فسفر.

Figure 5- The relationship between SPAD and chlorophyll content of mungbean under the levels of biological fertilizers and phosphorus.

گیاهچه‌ای و گلدهی بود که این افزایش با تخصیص بیش‌تر ماده و انرژی جهت فتوسنتز و افزایش غلاف و محصول مطابقت دارد (۳۱). خانی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که به طور کلی با افزایش سن گیاه مقدار عدد کلروفیل متر (SPAD) کاهش می‌یابد. آن‌ها در تحقیقی روی گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) نشان دادند که این کاهش به خصوص پس از ورود گیاه به مرحله‌ی گلدهی (۶۰ روز پس از کاشت) بیش‌تر مشهود است (۳۲). مطالعه عدد SPAD در طول فصل رشد پنیرک (*Malva sylvestris* L.) بیان‌گر افزایش این شاخص تا زمان گلدهی (۸۰ تا ۹۰ روز پس از کاشت) و سپس کاهش آن می‌باشد، بر این اساس این گیاه در زمان گلدهی به بلوغ فتوسنتزی خود رسیده است (۲۷).

میزان کلروفیل در طول دوره رشد گیاه: با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که میزان کلروفیل گیاه با افزایش سن گیاه و رسیدن به بلوغ فتوسنتزی رو به کاهش می‌رود (شکل ۶). تغییرات در محتوای کلروفیل برگ‌گی علاوه بر تنش‌های محیطی، تحت تاثیر نوع ژنوتیپ و مرحله فنولوژیکی گیاه قرار دارد (۳۱). تحقیقات نشان می‌دهد که میزان نسبی کلروفیل از ابتدای فصل رشد تا مرحله شروع تشکیل دانه افزایش پیدا می‌کند و پس از این مرحله مقدار آن کاهش می‌یابد و کم‌ترین میزان کلروفیل برگ در مراحل اولیه رشد مشاهده شده است (۲۵). علیزاده و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی پارامترهای فتوسنتزی گیاه نخود تحت تنش خشکی بیان کردند که شاخص کلروفیل برگ گیاه نخود در مرحله غلاف‌دهی بیش‌تر از مراحل



شکل ۶- تغییرات کلروفیل کل در طول دوره رشد گیاه ماش تحت تاثیر سطوح فسفر.

Figure 6- Changes in Total chlorophyll during plant growth period of mungbean under the levels of phosphorus.

بیان کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش محتوای نیتروژن گیاه گندم شده‌اند (۳۵). تحقیقات نشان می‌دهد که همزیستی قارچ میکوریز با ریشه گیاه نخود باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل، گره در ریشه و میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شده است (۳۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در مرحله زایشی نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز بر غلظت نیتروژن بخش هوایی گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین نیتروژن اندام هوایی (۱/۷۰ درصد) در سطح کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم کود فسفر به‌دست آمد (جدول ۸). همچنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین نیتروژن اندام هوایی (۱/۵۹ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم و قارچ گلوموس موسه حاصل شد که از لحاظ آماری با ترکیب کودهای بیولوژیک دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۹). تحقیقات نشان داده که فسفر باعث افزایش جذب نیتروژن می‌شود، محلول‌سازی بیش‌تر فسفر در تیمار وجود کود بیولوژیک می‌تواند

غلظت نیتروژن اندام هوایی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز بر غلظت نیتروژن بخش هوایی گیاه در مرحله رویشی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین نیتروژن اندام هوایی (۲/۲۶ درصد) در سطح کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم کود فسفر به‌دست آمد (جدول ۸). همچنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین نیتروژن اندام هوایی (۲/۰۹ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم و قارچ گلوموس موسه حاصل شد که از لحاظ آماری با ترکیب کودهای بیولوژیک دیگر تفاوت معنی‌داری ندارد (جدول ۹). فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک برای تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بسیار مهم است به طوری که اگر میکروارگانیسم‌ها شرایط مناسب برای رشد را پیدا کنند می‌توانند در انحلال و قابل دسترس کردن عناصر غذایی برای گیاه موثر باشند (۳۳). باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش جذب مواد معدنی توسط ریشه گیاه موجب افزایش میزان فسفر و نیتروژن قسمت‌های بالایی گیاه می‌شوند (۳۴). ناملی و همکاران (۲۰۱۷)

یکی از دلایل اصلی برای افزایش میزان نیتروژن گیاه باشد. افزایش درصد نیتروژن در گیاه به واسطه افزایش فسفر محلول به دلیل نقش بسیار مهم این عنصر در گره‌زایی و تثبیت نیتروژن گیاهان لگوم است (۳۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، غلظت نیتروژن اندام هوایی در مرحله رویشی و زایشی و درصد پروتئین دانه و شاخص سطح برگ گیاه ماش.

Table 7- Analysis of variance seed yield, shoot nitrogen concentration in vegetative and reproductive stages and protein content and Leaf area index of mungbean.

منبع تغییر Source of variation	df	مرحله رویشی	مرحله زایشی	پروتئین دانه Protein of Seed	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه Seed yield
		Six-leaf stage	Flowering stage		Leaf area index	
		نیتروژن Nitrogen	نیتروژن Nitrogen			
بلوک (Block)	2	0.05 n.s	0.17**	8.67*	0.047 ^{n.s}	48830.26 ^{n.s}
فسفر (Phosphorus)	2	2.43**	0.84**	172.41**	0.73**	1997005.93**
کود بیولوژیک Biofertilizer	7	0.29**	0.08**	24.47**	0.17**	241255.36**
فسفر × کود بیولوژیک Biofertilizer × Phosphorus	14	0.03 n.s	.02 n.s	1.97 n.s	0.02 ^{n.s}	17882.51 ^{n.s}
خطا (Error)	46	0.027	.027	2.04	0.03	17899.46
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	8.64	11.13	8.30	13.68	8.04

n. s, *, ** و *** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

n.s, * and **: Non significant and significant $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر کود فسفر بر عملکرد دانه، غلظت نیتروژن اندام هوایی در مرحله رویشی و زایشی، درصد پروتئین دانه و شاخص سطح برگ گیاه ماش.

Table 8- Mean comparison of the effect of phosphorus on seed yield, shoot nitrogen concentration in vegetative and reproductive stages, protein content and Leaf area index of mungbean.

فسفر (کیلو گرم در هکتار) Phosphorus (Kg/ha)	نیتروژن اندام هوایی مرحله شش برگ (درصد) nitrogen concentration Six- in leaf stage (%)	نیتروژن اندام هوایی مرحله گلدهی (درصد) nitrogen concentration in Flowering stage (%)	پروتئین دانه (درصد) Protein of Seed (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	شاخص سطح برگ Leaf area index
0	1.65c	1.37 b	15.72 b	1450.42 b	1.18b
150	1.78 b	1.38 b	15.62 b	1549.04 b	1.28b
225	2.26 a	1.70 a	20.31 a	1992 a	1.52a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

بررسی اثر سطوح مختلف کود فسفر و بیولوژیک... / فهیمه رضاپوریان قهفرخی و همکاران

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر کود بیولوژیک بر عملکرد دانه، غلظت نیتروژن اندام هوایی در مرحله رویشی و زایشی و درصد پروتئین دانه گیاه، شاخص سطح برگ ماش.

Table 9- Mean comparison of the effect of Biofertilizer on seed yield, shoot nitrogen concentration in vegetative and reproductive stages, Leaf area index and Protein of Seed of mungbean.

تیمارها Treatments	مرحله شش برگ Six-leaf stage	مرحله گلدهی Flowering stage	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ
	نیتروژن اندام هوایی (درصد)	نیتروژن اندام هوایی (درصد)	Protein of Seed (%)	Seed yield (kg/ha)	Leaf area index
	Nitrogen (%)	Nitrogen (%)			
شاهد (Control)	1.53 d	1.27 b	13.75 d	1336.56d	1.02 b
آزوسپیریولوم لیپوفرورم (<i>Azospirillum lipoferum</i>)	1.92 abc	1.50 a	18.04 ab	1720.56 ab	1.40 a
سودوموناس فلورسنس <i>Pseudomonas fluorescens</i>	1.79 c	1.45 ab	16.22 c	1546.67 c	1.33 a
گلوبوس موسه (<i>Glomus mosseae</i>)	1.88 bc	1.51 a	17.34 abc	1655 bc	1.31 a
آزوسپیریولوم و سودوموناس (<i>Azospirillum & Pseudomonas</i>)	1.91 abc	1.51 a	17.05 bc	1652.33 bc	1.32 a
آزوسپیریولوم و گلوبوس (<i>Azospirillum & Glomus</i>)	2.09 a	1.59 a	19.11 a	1863.78a	1.48 a
سودوموناس و گلوبوس <i>Pseudomonas & Glomus</i>	2.07 ab	1.56 a	18.35 ab	1797.56 ab	1.42 a
آزوسپیریولوم و سودوموناس و گلوبوس (<i>Azospirillum & Pseudomonas & Glomus</i>)	2 abc	1.47 ab	17.88 abc	1738.11 ab	1.34 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column, followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level-using LSD, Range Test

مشاهده نمود که با کاربرد ۲۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار پروتئین دانه عدس (*Lens esculinaris*) افزایش یافت که دلیل آن نقش فسفر در بهبود رشد و نمو ریشه است که موجب افزایش جذب عناصر غذایی از خاک می‌گردد (۳۸). سینگ (۲۰۱۶) افزایش پروتئین دانه را با افزایش کاربرد فسفر گزارش کرد (۴). همچنین، نتایج نشان داد که درصد پروتئین دانه (۱۹/۱۱ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریولوم و قارچ گلوبوس موسه حاصل شد (جدول ۱۱). آزوسپیریولوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن

درصد پروتئین دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریز بر درصد پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درصد پروتئین دانه (۲۰/۳۱ درصد) در سطح کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم کود فسفر به دست آمد (جدول ۸). محققان دریافتند که کود شیمیایی فسفر مقدار واردات نیتروژن را از قسمت‌های رویشی به دانه افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن و درصد پروتئین دانه آن می‌گردد (۲). زیدان (۲۰۰۷)

سطح برگ در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) معنی دار بود (۴۳). همچنین، خرمدل و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تلقیح با باکتری آزوسپیریوم و ازتوباکتر و قارچ میکوریزا بر گیاه سیاه‌دانه مشاهده نمودند که کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش ارتفاع، سطح برگ و تجمع ماده خشک نسبت به شاهد گردیده و در این میان تلفیق مایکوریزا و آزوسپیریوم بیش‌ترین تاثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشت (۴۴). سپهری و شهبازی (۲۰۱۷) بیان نمودند که همیاری ریشه گیاه با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش سطح رطوبت از طریق شبکه گسترده ریشه و افزایش جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت افزایش سطح برگ گیاه می‌گردد (۴۵).

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۹۹۲ کیلوگرم در هکتار) در سطح کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم کود فسفر به‌دست آمد (جدول ۸). همچنین، نتایج نشان داد که عملکرد دانه (۱۸۶۳/۷۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم و قارچ گلواموس موسه حاصل شد (جدول ۹). احتمالاً وجود کود شیمیایی فسفره در ابتدای کاشت، باعث افزایش فعالیت قارچ مایکوریزا گردیده و از این طریق میزان جذب فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی افزایش یافته و گیاه توانسته به خوبی کانوبی خود را در این تیمار توسعه دهد که نتیجه آن افزایش عملکرد تر و تولید ماده خشک است. از طرفی، می‌توان گفت مایکوریزا به علت تسهیل‌کنندگی جذب فسفر قابل تبادل و به دنبال آن نیتروژن موجود در خاک موجب بهبود جذب فسفر و نیتروژن و افزایش رشد و نیز موجب افزایش تولید

سبب افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد (۳۹). گزارشات نشان می‌دهد که تلقیح با آزوسپیریوم جذب PO_4^{3-} و NH_4^+ را به وسیله گیاه بالا برده و مقدار پروتئین در گیاه را افزایش می‌دهد (۴۰). کارنان و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که محتوای پروتئین گیاه نخود در اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت (۴۱). در آزمایش بررسی سطوح فسفر و باکتری‌های حل‌کننده فسفر روی عملکرد و اجزای عملکرد ماش مشخص شد که محتوای پروتئین دانه ماش با افزایش کود فسفر افزایش یافت (۴۲).

شاخص سطح برگ (مرحله گلدهی): نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی فسفر و اثر باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۱/۵۲) در سطح کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم کود فسفر به‌دست آمد (جدول ۸). همچنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۱/۴۸) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم و قارچ گلواموس موسه حاصل شد که از لحاظ آماری با بقیه تیمارهای باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری ندارد (جدول ۹). سطح برگ یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده رشد می‌باشد که برای دستیابی به عملکرد بالا لازم است هر گیاهی قبل از زمان گلدهی از سطح برگ قابل توجهی برخوردار باشد. طبق این تحقیق استفاده از مایکوریزا و باکتری از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، به‌ویژه فسفر و ازت موجب افزایش رشد و نمو گیاه و سطح برگ شده و بر جذب نور و میزان فتوسنتز می‌افزایند. این امر موجب افزایش مقدار ماده خشک تولید شده در برگ و متعاقباً اجزای عملکرد گیاه می‌شود. طبق بررسی ناظری و همکاران (۲۰۱۲) تاثیر کودهای بیولوژیک بر افزایش شاخص

سویا نیز گزارش شده است (۵۰). همچنین، بررسی جدول ضرایب همبستگی نشان داد که صفات کلروفیل، نیتروژن در مرحله شش برگ، نیتروژن در مرحله گلدهی، پروتئین دانه و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند (جدول ۱۰). نتایج نشان داد کلروفیل a+b با $r=0/99^{**}$ بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد که علی‌رغم همبستگی بالای شاخص سطح برگ $r=0/85^{**}$ با عملکرد دانه، وجود کلروفیل تاثیر بیش‌تری بر عملکرد دانه داشته است. بنابراین، تراکم کلروفیل در بافت مزوفیلی می‌تواند نقش مهم‌تری در عملکرد ایفا کند، لذا باید سعی شود عواملی که باعث حفظ و تولید کلروفیل در برگ می‌گردند تقویت شوند. نتایج این آزمایش با نتایج یگانه‌پور و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد، آن‌ها بیان کردند که گیاه با محتوای کلروفیل بیش‌تر می‌تواند عملکرد دانه بیش‌تری تولید کند (۵۱).

کربوهیدرات‌ها و پروتئین می‌شود. همچنین، تغییر در اندازه و مورفولوژی داخلی و خارجی ریشه‌ها به دلیل تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیعی از خاک اثر گذاشته و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب افزایش یافته و در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیش‌تر شده است (۴۶). نتایج تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که کاربرد باکتری آزوسپیریلوم موجب افزایش ۵ تا ۳۰ درصدی عملکرد می‌شود (۴۷). جها و همکاران (۲۰۱۱) طی آزمایشی روی گیاه ماش سبز اعلام کردند که با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات بیش‌ترین عملکرد دانه حاصل شد (۴۸). سریواستاوا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تلقیح بذور نخود با باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد دانه شد (۴۹). همچنین، نتایج مثبتی از به‌کارگیری توام باکتری محرک رشد و قارچ آربوسکولار تحت کمبود فسفر و نیتروژن بر افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه

جدول ۱۰ - ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه.

Table 10- Simple correlations index between traits with grain yield.

	1	2	3	4	5	6
کلروفیل	1					
a+b 1-Chlorophyll a+b						
نیتروژن در مرحله شش برگی-2	0.93**	1				
in Nitrogen concentration Six-leaf stage						
نیتروژن در مرحله گلدهی-3	0.81**	0.81**	1			
Nitrogen concentration in Flowering stage						
پروتئین دانه-4	0.96**	0.92**	0.85**	1		
Protein of Seed						
عملکرد دانه-5	0.99**	0.94**	0.82**	0.97**	1	
Seed yield						
شاخص سطح برگ-6	0.85**	0.81**	0.72**	0.83**	0.85**	1
Leaf area index						

نسبت به این نوع تیمار بود. در این آزمایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، جذب و انتقال نیتروژن، میزان پروتئین دانه و شاخص سطح برگ با افزایش کاربرد کود فسفر افزایش یافت و در نهایت منجر به افزایش

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش حاکی از برتری معنی‌دار کود فسفر و ترکیب کودهای بیولوژیک نسبت به شاهد در صفات اندازه‌گیری شده و نیز پاسخ مثبت گیاه ماش

و قارچ گلواموس موسه موجب افزایش رنگیزه‌های فتوستتزی در مراحل مختلف رشد گیاه شد. همچنین، ضمن افزایش جذب نیتروژن، شاخص سطح برگ، پروتئین دانه را نیز افزایش داد. اگرچه بین ترکیب کودهای بیولوژیک تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، اما صفات مطالعه شده بیش‌تر تحت تاثیر تیمار باکتری آزوسپیریلوم و قارچ گلواموس موسه قرار گرفتند.

عملکرد دانه گیاه شد. طبق این تحقیق استفاده از مایکوریزا و باکتری از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، به‌ویژه فسفر و ازت موجب افزایش رشد و نمو گیاه و سطح برگ شده و بر جذب نور و میزان فتوستتزی می‌افزایند. این امر موجب افزایش مقدار ماده خشک تولید شده در برگ و متعاقباً اجزای عملکرد گیاه می‌شود. ترکیب باکتری‌های محرک رشد

References

1. Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N. and knezevic-Vukcevic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with Rhizobium and plant growth-promoting bacteria. Rom. Biotechnol. Lett. 16: 1. 5919-5920.
2. Khajeh, M., Gholipour, S., Amiri, A., Yadollahi Dehcheshmeh, P., Mighani, H. and Baraje Fardah., M. 2016. The impact of biological and chemical phosphorus fertilizers on quality of mung bean Gohar variety. J. Agric. Res. 8: 1. 1-14. (In Persian).
3. Li, L., Dong, Y., Ren, H., Xue, Y., Meng, H. and Li, M. 2017. Increased antioxidant activity and polyphenol metabolites in methyl 8asmonate treated mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. Food Sci Technol. 37: 3. 411-417.
4. Singh, Z. 2016. Growth and yield of desi chickpea (*cicer arietinum* L.) In relation to phosphorus and plant growth promoting rhizobacteria. MSc Thesis. 81 p.
5. Rahman, M., Kabir, M. A., Bidhan Chandra Halder, B. CH., Haque, Md. E. and Rahman, Md. A. 2018. Response of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to phosphorus levels in the active tista flood plain. Int J. Agron. Agric. Res. 12: 1. 20-25.
6. Fenta, L. 2017. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from tomato (*Solanum* L.) rhizosphere and their effect on growth and phosphorus uptake of the host plant under green house experiment. IJAR. 2320-5407: 1-49.
7. Nassal, D. 2017. The functional role of phosphorus-mobilizing bacteria in the rhizosphere of tomato and maize. PhD Thesis. 174 p.
8. Souza, R., Ambrosini, A. and Passaglia, L.M.P. 2015. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. Genet. Mol. Biol. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-475738420150053>.
9. Bona, E., Cantamessa, S., Massa, N., Manassero, P., Marsano, F., Copetta, A., Lingua, G., Agostino, G. D., Gamalero, E. and Berta, G. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads improve yield, quality and nutritional value of tomato: a field study. Mycorrhiza. 27: 1. 1-11.
10. Suryantini. 2016. Effect of phosphorus, organic and biological fertilizer on yield of mung bean (*Vigna Radiata*) under two cropping patterns. Nusantara Biosci. 8: 2. 273-27.
11. Duc, N. H., Mayer, Z, Pek, Z., Helyes, L. and Posta, K. 2017. Combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas Fluorescens* and *Trichoderma* spp. for enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars. Appl. Ecol. Environ. Res. 15: 3. 1815-1829.
12. Berruti, A., Lumini, E., Raffaella, B. and Bianciotto, V. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's Benefit from Past Successes. Front. Microbiol. 6: 1559. 1-13.
13. Abd El-Lattief, E.A. 2016. Use of *Azospirillum* and *Azobacter* bacteria as

- biofertilizers in cereal crops: a review. JREAS. 6 (7)36-44.
14. Walpola, B. C. and Yoon, M. H. 2013. Phosphate solubilizing bacteria: Assessment of their effect on growth promotion and phosphorous uptake of mung bean (*Vigna radiata* L. R. Wilczek). Chilean J. Agric. Res. 7: 3. 275-281.
15. Sanayei, S., Abedy, A., Parmoon, Gh. and Gholyzade, L. 2015. Effect of mineral nitrogen on fluorescence changes of alfalfa photosynthetic pigments under drought stress. J. Crop Physiol. 23: 5-20. (In Persian)
16. Hakim, A., Jaganath, S., Honnabyraiah, M. K., Mohan Kumar, S., Anil Kumar, S. and Dayamani, K. J. 2018. Effect of biofertilizers and auxin on total chlorophyll content of leaf and leaf area in pomegranate (*Punica granatum* L.) cuttings. Int. J. Pure Appl. Biosci. 6: 1. 987-991.
17. Khandan Mirkohi, A., Kazemi, F., Babalar, M. and Naderi, R. 2014. The effect of limiting the use of phosphorus in controlling altitude and improving the quality of ordinary geranium herb (*Pelargonium hortorum* cv. Bulles Eye). Sci Technol Green House Crops. 20: 63-69. (In Persian)
18. Seema, K., Mehta, K. and Singh, N. 2018. Studies on the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth, physiological parameters, yield and fruit quality of strawberry cv. Chandler. J. Pharma. Phytochem. 7: 2. 383-387.
19. Naidu, N., Grosioiah, V., Satyanarayna, A. and Raja Rajeswari, V. 1993. Variation in developmental and morpho-physiological traits under different environments and their relation to grain yield of greengram (*Vigna radiata* L.). Ind J. Agric. Sci. 63 : 8. 473-478
20. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. J. Agron. 23: 12-121.
21. Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis.
22. Ansari, M.H., Asadi Rahmani, H., Mazaheri, R. and Rezazadeh, B. 2017. Effect of different nitrogen variables on absorption and transfer of nitrogen in gilan local beans in organic agriculture. J. Crop Physiol. 35. 21-35. (In Persian)
23. Biswas, J.C., Ladha, J.K., Dazzo, F.B., Yanni, Y.G. and Rolfe, B.G. 2013. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. J. Agron. 92: 880-886.
24. Zarea, M.J., Hajinia, S., Karimi, N., Mohammadi Goltapeh, E., Rejali, F. and Varma, A. 2012. Effect of piriformospora indica and *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil on mitigation of the effects of NaCl. Soil. Biol. Biochem. 45: 139-146. (In Persian)
25. Arefi, E., Kafi, M., Khazaei, H.R. and Bananyan Aval, M. 2012. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield, photosynthesis of photosynthetic pigmentation, chlorophyll and nitrogen concentration of components of medicinal and industrial *Allium altissimum* Regel. J. Agroecol. 4: 3. 207-214. (In Persian)
26. Aghababaei, F. and Reyesi, F. 2011. Mycorrhizal biological effect on chlorophyll, photosynthesis and water use efficiency in four almond genotypes in Chaharmahal and Bakhtiari. J. Agric. Sci. Technol. 56: 91-101.
27. Razawi, S.A.R., Jahan, M., Nasiri Mahalti, M. and Hajmohammadnya ghalibaf, K. 2014. The effect of different sources of organic, biological and chemical fertilizers and intercropping on the SPAD readings in Malva (*Malva sylvestris* L.). 1st International and 13th Iranian Crop Science Congress 3 Iranian Seed Science and Technology Conference. 1-5. (In Persian)
28. Mosavi Far, B., Behdani, M., Jami Alahmadi, M. and Hosyni, M. 2011. Chlorophyll index changes, SPAD, Relative water content, electrolyte leakage and grain yield in three spring safflower genotypes under the influence of water stress. Iran J. Agric. Res. 9: 3. 525-534. (In Persian)
29. Yadava, U. 1989. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. Hort Sci. 21: 1449-1450.

30. Shah, S.H., Houborg, R. and McCabe, M.F. 2017. Response of chlorophyll, carotenoid and SPAD- 502 measurement to salinity and nutrient stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agron* 7: 61. doi:10.3390/agronomy7030061.
31. Alizadeh, M., Rostami Brojeni, M., Armand, N. and Hosseinzadeh, S. R. 2015. Evaluation of photosynthetic parameters of chickpea cultivars in different phenological stages under water deficit stress. *J. Plant Physiol. Biochem.* 2: 1. 74-84. (In Persian)
32. Khaninejad, S., Kafi, M. and Nabati, J. 2014. Effect of different levels of urea and triple superphosphate on physiological properties (*kochia scoparia*) under salt stress conditions. *Iran J. Agric Res.* 12 : 2. 196-206. (In Persian)
33. Lopes, M. J., Filho, M. B. D., dos Reis Castro, T. H., de Filippi, M. C. C. and da Silva, G. B. 2018. Effect of *Pseudomonas fluorescens* and Burkholderia pyrrocinia on the growth improvement and physiological responses in brachiaria brizantha . *Am. J. Plant Sci.* 9: 250-265.
34. Kuan, K.B, Othman, R., Abdul Rahim, K. and Shamsuddin, Z.H. 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation and nitrogen remobilisation of maize under greenhouse conditions. *PLOS ONE.* 11: 3. e0152478.
35. Namli, A., Mahmood, A., Sevilir, B. and Ozkır, E. 2017. Effect of phosphorus solubilizing bacteria on some soil properties, wheat yield and nutrient contents. *Eur J. Soil.* 6: 3. 249-258.
36. Akhtar, M.S. and Siddiqui, Z. A. 2010. Effect of AM fungi on the plant growth and root- rot disease of chickpea. *Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci.* 8: 544-549.
37. Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M. and Modarres Sanavy, S. A. M. 2010. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata*, cv. Robinson. *J. Crop Sci.* 4: 43-54. (In Persian)
38. Zeidan, M. S. 2007. Effect of organic and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of Lentil plants in sandy soil. *J. Agric. Biol. Sci.* 3 6. 748-752.
39. Bashan, Y., Singh, M. and Levanony, H. 2016. Contribution of *Azospirillum brasilense* to growth of tomato seedlings is not through nitrogen fixation. *Can J. Bot.* 67: 2429-2434.
40. Maougal, R. T., Brauman, A., Plassard, C., Abadie, J., Djekoun, A. and Drevon, J.J. 2014. Bacterial capacities to mineralize phytate increase in the rhizosphere of nodulated clover under P deficiency. *Eur. J. Soil. Biol.* 62: 8-14.
41. Karnan, M., Senthilkumar, G., Madhavan, S., Kulothungan, S. and Panneerselvam, A. 2012. Effect of biofertilizers on morphological and physiological parameters of cow pea (*Vigna unguiculata*). *Pelagia Research Library.* 3: 5. 3269-3272.
42. Singh, R., Singh, P., Singh, V. and Yadav, R.A. 2018. Effect of phosphorus and PSB on yield attributes, quality and economics of summer green gram (*Vigna radiata* L.) *J. Pharma. Phytochem.* 7: 2. 404-408.
43. Nazeri, P., Kashani A., Khavazi K., Ardakani M. R. and Mirakhori, M. 2012. Evaluation of microbiological phosphorus with zinc fertilizer and chemical phosphorus fertilizer effects on physiological growth index in dry bean. *J. Agron. Plant Breed.* 8: 3. 111-126.
44. Khorramdel, S., Kouchaki, A., Nasiri Mahallati, M. and Ghorbani, R. 2008. Effect of biological fertilizers application on growth indicators of fennel flower (*Nigella sativa* L.). *Ir J. Agron. Res.* 6: 285-294.
45. Sepehri, A. and H. Shahbazi. 2017. Effect of planting date and biological and chemical fertilizers on phenology and physiological indices of peanuts. *Ir J. Field Crops Res.* 15: 1. 216-230. (In Persian)
46. Heidari, A.R., Nasri, M. and Ghooshchi, F. 2015. The study of symbiotic of mycorrhiza and phosphor fertilizer on yield and yield components of corn in

- Robat karim region. Agron. Res. 11: 3. 161- 170. (In Persian)
47. Creus, C., Pereyra, M., Casanovas, E., Sueldo, R. and Barassi, C. 2010. Plant growth-promoting effect of rhizobacteria on abiotic stressed plants. *Azospirillum*-grasses model. Am J. Plant Sci. Biot. 4: 1. 49-59.
48. Jha, A., Sharma, D. and Saxena, J. 2011. Effect of single and dual phosphate solubilizing bacterial strain inoculations on overall growth of mung bean (*Vigna radiata* L.) plants. Agron. Soil Sci. 58: 967-981.
49. Srivastava, A. K., Singh, T., Jana, T. K. and Arora, D. K. 2011. Induced resistance and control of charcoal rot in *Cicer arietinum* (chickpea) by *Pseudomonas fluorescense*. Can J. Bot. 7: 787-795.
50. Wang, X., Pan, Q., Chen, F., Yan, X. and Liao, H. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. Mycorrhiza. 21: 173-81.
51. Yeganehpoor, F., Salmasi, S.Z., Shafagh Kolvanagh, J., Ghassemi Golezani, K. and Dastborhan, S. 2016. Changes in growth, chlorophyll content and grain yield of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) in response to water stress, chemical and biological fertilizers and salicylic acid. Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res. 5: 1. 228-236.

