

Effect of Mycorrhiza Fungi Inoculation on Morphological Characteristics and Yield of Groundnut (*Arachis hypogaea* L)

Hasan Shirafkan Ajirlo¹, Shahram Mehri^{2*} , Hosein Soleymanzadeh³, Saadollah Alizadeh Ajirlo⁴

Received: February 19, 2024

Accepted: September 19, 2024

1- PhD student of Agronomy, Dept. of Agriculture, PaM.C., Islamic Azad University, Parsabad Moghan, Iran

2- Assis. Prof., Dept. of Agriculture, PaM.C., Islamic Azad University, Parsabad Moghan, Iran

3- Assoc. Prof. Landscape Engineering Dept., Agriculture Faculty, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

* Corresponding Author Email: sh.mehri@iau.ac.ir & sh.mehri2000@gmail.com

Abstract

Background and Objectives: This research was carried out to survey the effects of mycorrhiza fungi and comparison of its three species on the growth and development and yield of groundnut.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a factorial experiment in a completely randomized block design with three replications at the experimental field and factors were two groundnut cultivars and three species of mycorrhizal fungi.

Results: The results indicated that plant height, chlorophyll index, weight of seed yield per square meters, non-ripen seed per plant, percent of ripen seed per plant, and plant phosphor content were affected significantly by mycorrhiza fungi and groundnut cultivar. Application of *G. etunicatum* and *G. intraradices* resulted in plants with more height. The recorded chlorophyll index for the treated plants with *G. etunicatum* and *G. mosseae* fungi was significantly higher. The *G. etunicatum* in compare to other used two mycorrhizas significantly increased the seed weight per square meters. Utilization of *G. etunicatum* and *G. intraradices* decreased the count of non-ripen seed per plant. The measured phosphor content of the inoculated plants with *G. intraradices* fungi was significantly higher than others, indicating this species' effective role in phosphorus uptake

Conclusion: The results of this study indicate that the symbiotic fungi of *G. etunicatum* and *G. intraradices* demonstrate superior efficacy in enhancing the evaluated parameters related to peanut production. Therefore, their application is strongly advocated as a component of sustainable agricultural management practices. Implementing these microorganisms has the potential to significantly increase crop productivity, enhance quality, and diminish dependence on chemical fertilizers. Additionally, it is crucial to investigate the interactions between various peanut cultivars and different fungal strains to optimize yield outcomes across diverse agricultural environments.

Keywords: Groundnut, Mycorrhiza, Morphological, Yield, Phosphor



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2026 Shahram Mehri Email: sh.mehri2000@gmail.com

<https://doi.org/10.22034/saps.2024.60643.3185>



تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد دانه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)

حسن شیرافکن اجیرلو^۱، شهرام مهری^{۲*}، حسین سلیمان زاده^۲، سعداله علیزاده اجیرلو^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

۱- دانشجوی دکتری گروه کشاورزی، زراعت، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آبادمغان، ایران.

۲- استادیار گروه کشاورزی، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آبادمغان، ایران.

۳- دانشیار گروه مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تبریز ایران

چکیده

اهداف: این تحقیق به منظور بررسی تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا و مقایسه سه گونه از آن بر رشد و نمو و عملکرد بادام زمینی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی اجرا گردید و فاکتورها شامل دو رقم بادام زمینی و سه گونه قارچ میکوریزا بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، وزن دانه تولید شده در متر مربع، تعداد دانه نارس در بوته، درصد دانه رسیده در بوته و درصد فسفر گیاه به طور معنی‌داری تحت تأثیر قارچ میکوریزا و رقم بادام زمینی قرار گرفت. با کاربرد میکوریزاهای *G. intraradices* و *G. etunicatum* گیاهانی با ارتفاع بیشتر تولید شد. برای گیاهان تیمار شده با قارچ‌های *G. etunicatum* و *G. mosseae* به طور معنی‌داری شاخص کلروفیل بالاتری ثبت گردید. قارچ *G. etunicatum* در مقایسه با دو نوع دیگر قارچ‌های مورد استفاده به طور معنی‌داری به وزن بیشتر دانه در متر مربع منجر شد. در نتیجه استفاده از قارچ‌های *G. intraradices* و *G. etunicatum* تعداد دانه نارس در بوته کاهش یافت. اثر متقابل رقم بادام زمینی در قارچ میکوریزا بر درصد دانه رسیده در بوته معنی‌دار شد. میزان فسفر اندازه‌گیری شده برای گیاهان تلقیح شده با قارچ *G. intraradices* نسبت به بقیه به طور معنی‌داری بالاتر بود که نشان‌دهنده نقش مؤثر این گونه در جذب فسفر است.

نتیجه‌گیری: با توجه به عملکرد برتر گونه‌های *G. etunicatum** و *G. intraradices** در بهبود پارامترهای مورد بررسی، کاربرد این میکروارگانیسم‌های همزیست به عنوان بخشی از مدیریت کشاورزی پایدار در تولید بادام زمینی به شدت توصیه می‌شود. این رویکرد می‌تواند به افزایش بهره‌وری محصول، بهبود کیفیت آن و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی منجر شود. همچنین، توجه به اثرات متقابل بین ارقام بادام زمینی و سویه‌های مختلف قارچی، برای دستیابی به حداکثر بازدهی در شرایط زراعی مختلف ضروری است.

واژه‌های کلیدی: بادام زمینی، عملکرد، فسفر، میکوریزا، مورفولوژیکی

مقدمه

و موجب عدم ثبات عملکرد اقتصادی، آسیب پذیری بالا توسط آفات و بیماری‌ها، افت کیفیت محصولات زراعی، افزایش فرسایش خاک و تخریب منابع طبیعی شده‌اند

طراحی سیستم‌های کشاورزی متداول به نحوی است که به تنوع پایین محصولات کشاورزی منجر شده

و یا به صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (درزی و همکاران ۲۰۰۹). بسیاری از قارچ‌ها توانایی حل کردن فسفات‌های نامحلول را دارند (اختر و صدیق ۲۰۰۹). رابطه‌ی همزیستی بین قارچ میکوریز آربوسکولار و ریشه‌ی گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می‌دهد (آگه ۲۰۰۴).

جنس گلوموس جزء خانواده گلومراسه بوده و فراوانترین قارچ‌های آربوسکولار در این جنس قرار داشته و با بیش از هفتاد گونه بزرگترین جنس در شاخه گلومرومایکوتا می‌باشد (شوبلر و همکاران ۲۰۰۱، ردکر و راب ۲۰۰۶).

بادام زمینی با نام علمی *Arachis hypogaea* از خانواده بقولات طایفه *Aeschynomeneae* و زیر طایفه *Stylosanthenae* محصولی جهانی است که در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر و بیش از ۱۰۸ کشور دنیا کشت می‌شود (فائو ۲۰۱۸) این محصول دارای جایگاه دوم بین بقولات و چهارمین دانه روغنی از احاط اهمیت در دنیا می‌باشد (شیلمن و همکاران ۲۰۱۱). هر چند کاشت آن در همه جا انجام نمی‌شود اما در سرتاسر جهان و توسط همه جوامع دنیا مورد مصرف قرار می‌گیرد. بادام زمینی گیاهی است علفی یکساله به اندازه ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر می‌رسد دارای برگ‌های ۴ برگچه‌ای است هر چند غلاف‌ها و دانه‌های آن محصول بسیار مهم این گیاه است و تمام قسمت‌های این گیاه مفید و به اشکال مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر سطح کشت جهانی آن ۲۶/۵ میلیون هکتار و ۴۳/۹ میلیون تن محصول با عملکرد متوسط ۱/۶۵ تن در هکتار دارد. عملکرد در هکتار این محصول در کشورهای آمریکایی (۳/۳ تن در هکتار)، آسیایی (۲/۴ تن در هکتار) و آفریقایی (۰/۹۶ تا در هکتار) می‌باشد. این محصول به اشکال مختلف (بوداده، روغن و شیرینی) مورد مصرف قرار گرفته و در مناطق مختلف دنیا اهمیت متفاوتی دارد (وارشنی و همکاران ۲۰۱۷). دانه‌های این گیاه حاوی منابع ارزشمند پروتئین، کالری، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی برای تغذیه انسان هستند (آریا و همکاران ۲۰۱۶).

(کسام و برمر ۲۰۱۳). بهبود و حفظ حاصلخیزی خاک در راستای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و در نتیجه بالابردن عملکرد آنها دارای اهمیت خاصی می‌باشد (مندال و همکاران ۲۰۰۷) در بسیاری از خاک‌های دنیا به دلیل بالا بودن pH و فراوانی یون کلسیم، به رغم فراوانی برخی از عناصر غذایی مانند فسفر، جذب این عناصر، کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد مناسب گیاه است. برای مقابله با این کمبود استفاده از کودهای شیمیایی فسفوری رایج بوده که علاوه بر هزینه‌ی زیاد و بازدهی کم، آلودگی‌های زیست محیطی را نیز به دنبال دارند (رائی‌پور و علی اصغرزاده ۲۰۰۷).

اما در سیستم‌های کشاورزی پایدار یکی از روش‌های افزایش باروری خاک، به کار بردن عوامل موجود در مزرعه، از جمله ارگانیزم‌های سودمند خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی و کاربرد توام آنها با کودهای آلی و شیمیایی می‌باشد (شارما و همکاران ۲۰۱۳). قارچ‌های میکوریزا از مهمترین موجودات همزیست با ریشه گیاهان می‌باشند که نقش مهمی در افزایش کارایی گیاهان در استفاده از فسفر خاک و کاهش مصرف کودهای فسفر دارند. این قارچ‌ها با کلونیزاسیون ریشه گیاهان میزبان، سبب بهبود جذب مواد معدنی بویژه فسفر شده (آنتون ۱۹۹۸؛ آل کاراکی ۲۰۰۰) و منابع کربنی را از گیاه دریافت می‌کنند. این قارچ‌ها موجب بهتر شدن ساختار خاک، بالابردن تحمل گیاهان در برابر تنش‌های محیطی و افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر شده (ریلیگ و مومی ۲۰۰۶) و از یک سو با بهبود عملکرد گیاه شده به کاهش هزینه‌های تولید و آلودگی کمتر محیط زیست منجر می‌شوند (بارئا و همکاران ۲۰۰۵). همزیستی با میکوریزاها رابطه‌ای دیرینه داشته و از متداولترین روابط در میان گیاهان و این موجودات ریز می‌باشد و تقریباً در ۹۱ درصد از گیاهان دارای آوند، همزیستی با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار اتفاق می‌افتد (لیو و همکاران ۲۰۱۸).

کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیزم مفید خاکزی

این محصول در سال های اخیر در دشت مغان استان اردبیل به طور وسیعی کشت می شود. از آنجایی که کشت این محصول خاک را فقیر می کند باید با راهکارهایی پایدار با این مشکل مقابله نمود. با توجه به اهمیت بادام زمینی به عنوان یکی از محصولات کشاورزی و غذایی مهم و رویکرد کشاورزان منطقه برای کشت و تولید آن، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سه نوع قارچ میکوریزا بر عملکرد برخی خصوصیات رشد و نمو بادام زمینی در شرایط دشت مغان انجام گرفت.

مواد و روش ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد پارساباد مغان در استان اردبیل در سال زراعی ۱۴۰۰

انجام گردید. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول یک ارائه شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل دو رقم و فاکتور دوم سه گونه میکوریزا بودند. هر کرت دارای ۳ ردیف کاشت به طول ۲ متر با فاصله ردیفی ۴۰ سانتیمتر بود. عملیات زراعی شامل شخم، کرت بندی و تسطیح زمین در ۱۴ فروردین صورت گرفت، عملیات کاشت در فروردین انجام شد. بذرها جهت کاشت با قارچ های جنس *Glomus intraradices*، *G. mosseae* و *G. etunicatum* بودند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پتاسیم (mg.kg ⁻¹)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن کل (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	pH	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۴۶۸	۱۷/۶	۰/۰۲	۱/۳۵۳	۷/۵	۱۸	۳۰	۵۲

برای تجزیه داده ها از نرم افزار آماری SPSS، مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج به دست آمده ارتفاع بوته های بادام زمینی در این تحقیق به طور معنی داری تحت تاثیر فاکتور اصلی قارچ میکوریزا و اثر متقابل رقم در قارچ قرار گرفت (جدول ۲). اما فاکتور بلوک و اثر اصلی رقم بر ارتفاع بوته ها تاثیر معنی داری نداشتند.

مقایسه میانگین های مربوط به تاثیر میکوریزا بر ارتفاع بوته ها نشان داد که در نتیجه کاربرد میکوریزاهای *G. intraradices* و *G. etunicatum* در تلقیح بذر بادام زمینی، نسبت به شاهد و قارچ *G. mosseae* گیاهانی که به طور معنی داری ارتفاع بیشتری داشتند تولید شد (شکل ۱). همچنین همانطور که در شکل یک ملاحظه می شود اختلاف ارتفاع بوته های تلقیح شده با

در این پژوهش صفات ارتفاع گیاه، عملکرد دانه درمتر مربع، تعداد دانه نارس در هر بوته، درصد دانه رسیده در بوته وزن هزاردانه، شاخص کلروفیل و درصد فسفر در برگ گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. ارتفاع بوته ها از محل طوقه تا نوک گیاهان بر حسب سانتیمتر اندازه گیری شد. تعداد دانه نارس در هر بوته با شمارش دانه های به دست آمده از میانگین دانه های نارس برداشت شده از سه بوته انجام گردید. عملکرد دانه در متر مربع با توزین دانه های به دست آمده از میانگین وزن دانه های تولید شده در کرت های مربوطه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه گردید. برای تعیین شاخص کلروفیل در این آزمایش بعد از رشد کامل برگ ها و رسیدن گیاه به مرحله کامل گلدهی با استفاده از دستگاه SPAD متر مورد اندازه گیری قرار گرفت (طباطبایی ۲۰۱۳). به منظور اندازه گیری فسفر، نمونه های گیاهی به روش ترسوزانی (نسبت ۱:۳ اسید نیتریک و اسید کلریدریک) هضم و برای اندازه گیری فسفر در عصاره های گیاهی از روش رنگ سنجی وانادات - مولیبدات استفاده شد (کاتینه، ۱۹۸۰).

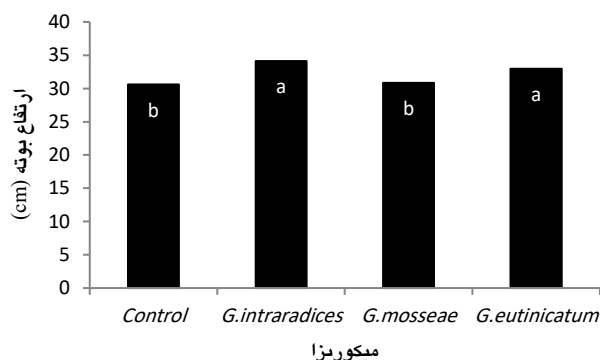
تاثیر قارچ *G. mosseae* بر ارتفاع بوته‌ها مشابه شاهد یا بدون تلقیح با قارچ بود.

قارچ‌های میکوریزای *G. intraradices* و *G. etunicatum* معنی‌دار نبود و دو قارچ مذکور تاثیر مشابهی در صفت ارتفاع بوته‌های بادام زمینی داشتند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و قارچ میکوریزا بر برخی صفات و عملکرد بادام زمینی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخص کلروفیل	عملکرد دانه در واحد سطح	درصد دانه رسیده در بوته	تعداد دانه نارس	وزن هزار دانه	فسفر برگ
بلوک	۲	۱/۷۰۳ ^{ns}	۰/۰۷۹ ^{ns}	۷/۲۹۲ X ۱۰ ^{-۶ns}	۰/۱۹۴ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۳۱۳۲۴/۰۸۶ ^{ns}	۷ X ۱۰ ^{-۶ns}
قارچ	۳	۶۸/۲۳۶ ^{**}	۵۱/۵۷۲ ^{**}	۰/۱۵۷ ^{**}	۳۲/۵۴۱ ^{ns}	۵۸/۵۸۳ [*]	۳/۸۷ X ۱۰ ^{۷**}	۳/۱۶۹ [*]
رقم	۱	۱/۴۶ ^{ns}	۰/۴۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۱۲۸/۹۳ [*]	۶۵/۸۲ ^{ns}	۱۷۹۸۲۱/۱۵۲ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{**}
رقم X قارچ	۷	۳۰/۵۷ ^{**}	۲۵/۰۲ ^{**}	۰/۱۰۹ ^{**}	۸۲/۳۶۹ ^{**}	۷۵/۸۸ ^{**}	۳/۵ X ۱۰ ^{۷**}	۰/۰۰۳ ^{**}
اشتباه آزمایشی	۱۴	۰/۳۸۵	۰/۰۴۲	۶/۱ X ۱۰ ^{-۶}	۰/۴۵۷	۰/۳۵	۴۴۶۳۷/۴۵۵	۹/۲ X ۱۰ ^{-۵}
ضریب تغییرات (%)	--	۱/۹۳%	۰/۴۸%	۰/۳۸%	۲/۶۲%	۲/۵۵%	۱/۸۵%	۳/۳۰%

ns, * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشد.



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های تاثیر انواع قارچ میکوریزا بر ارتفاع بوته بادام زمینی

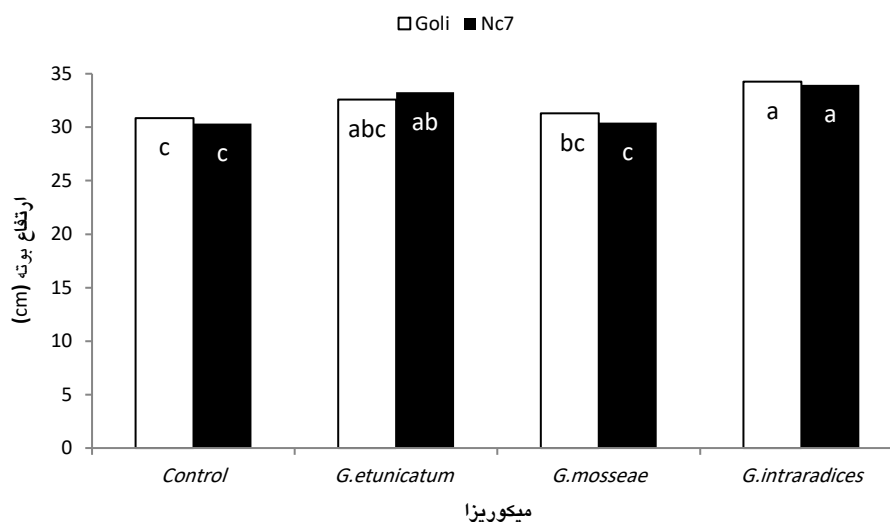
۲۰۰۲) که در نتیجه گیاه قادر به جذب آب و مواد غذایی بیشتری خواهد شد. میکوریزا، با نفوذ به حفرات بسیار ریز خاک که ریشه‌های موبین هم این توانایی را ندارند و نیز افزایش جذب عناصر غذایی، موجب افزایش جذب سیستم ریشه‌ای گیاه و در نتیجه، افزایش جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف، به ویژه فسفر می‌شود و لذا بر رشد گیاه تاثیر مثبت می‌گذارد (آرپانا و بگیاراج ۲۰۰۷). دلیل افزایش ارتفاع بوته در گیاهان تیمار شده با کاربرد قارچ میکوریزا به جذب بهتر عناصر غذایی از جمله فسفر نسبت داده می‌شود که در نهایت منجر به بهبود رشد و عملکرد از قبیل ارتفاع بوته و تعداد شاخ و برگ می‌گردد (بائوم و همکاران ۲۰۱۵). ویدادا و همکاران (۲۰۰۷) اعلام کردند که تلقیح گیاهان سورگوم با قارچ

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل قارچ و رقم با آزمون دانکن نشان داد که رقم گلی با قارچ *G. intraradices* به بلندترین ارتفاع بوته‌ها در کرت‌های تیمار شده منجر شد، هر چند برای رقم NC7 هم از لحاظ آماری ارتفاع مشابهی ثبت شد. با کاربرد قارچ *G. etunicatum* بوته‌های رقم NC7 نسبت به رقم گلی ارتفاع بیشتری یادداشت گردید (شکل ۲).

گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند، به دلیل جذب عناصر غذایی و آب بیشتر از خاک از رشد و عملکرد بهتری برخوردار خواهند بود (سوبرامانیان و همکاران ۱۹۹۵). تلقیح با میکوریزا موجب تغییرات زیادی در شاخص‌های ریخت‌شناسی ریشه گیاهان و به ویژه افزایش تعداد ریشه‌های فرعی می‌شود (برتا و همکاران،

عنایتی و همکاران (۲۰۲۰) همین تاثیر را در گندم در اثر تلقیح میکوریزا گزارش کردند.

میکوریز به ارتفاع بیشتر آنها منجر گردید. مرادی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش ارتفاع بوته نخود و عبدالقادر

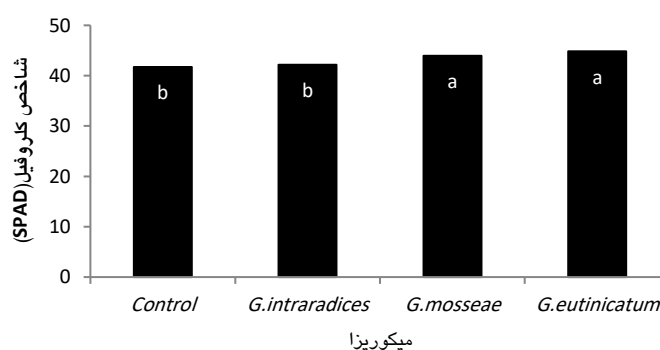


شکل ۲- تاثیر قارچ میکوریزا و رقم بر ارتفاع بوته بادام زمینی

مقایسه میانگین‌های مربوط به تاثیر قارچ میکوریزا بر شاخص کلروفیل در برگ‌های گیاهان بادام زمینی نشان داد که قارچ‌های *G. etunicatum* و *G. mosseae* نسبت به *G. intraradices* و شاهد به طور معنی‌داری بالاتر بود (شکل ۳).

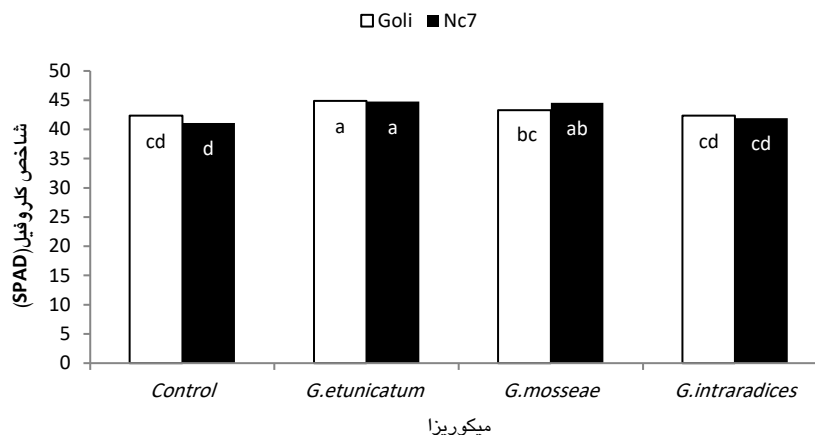
شاخص کلروفیل

طبق نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها در این آزمایش، شاخص کلروفیل برگ در بوته‌های بادام زمینی، به طور معنی‌داری تحت تاثیر فاکتورهای اصلی قارچ میکوریزا و اثر متقابل رقم در قارچ قرار گرفت (جدول ۲). اما اثر بلوک بر صفت مذکور غیر معنی‌دار بود.



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های تاثیر انواع قارچ میکوریزا بر شاخص کلروفیل گیاهان بادام زمینی

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل قارچ و رقم بر شاخص کلروفیل با آزمون دانکن نشان داد که با کاربرد قارچ *G. etunicatum* و *G. intraradices* بوته‌های رقم گلی نسبت به رقم NC7 تا حدودی از برتری برخوردار بودند هرچند اختلاف غیرمعنی‌دار بود. با کاربرد قارچ *G. mosseae* برای بوته‌های رقم NC7 نسبت به رقم گلی شاخص کلروفیل بیشتری یادداشت گردید (شکل ۴).



شکل ۴- تأثیر قارچ میکوریزا و رقم بر شاخص کلروفیل بادام زمینی

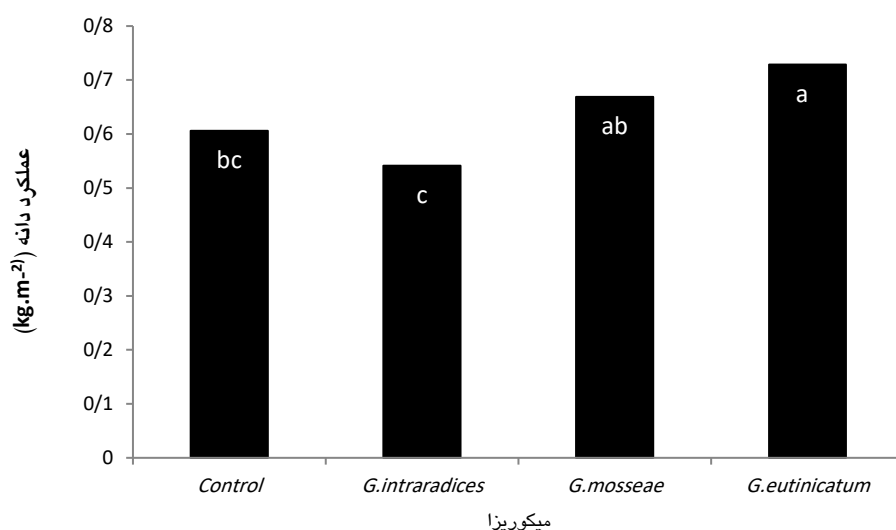
مقایسه میانگین‌های مربوط به تأثیر میکوریزا بر عملکرد دانه در عملکرد دانه در واحد سطح نشان می‌دهد که در نتیجه کاربرد دو نوع از میکوریزاها نسبت به شاهد عملکرد دانه در واحد سطح بیشتر بود ولی قارچ *G. intraradices* تا حدودی بر این صفت تأثیر منفی داشته است. قارچ *G. etunicatum* بیشترین تأثیر مثبت بر عملکرد دانه در واحد سطح (متر مربع) داشت (شکل ۵). با تلقیح با قارچ *G. mosseae* و قارچ *G. etunicatum* به ترتیب افزایش عملکرد ۱۰/۴۱ و ۲۴/۸ درصد در مقایسه با شاهد محاسبه گردید.

اثر متقابل قارچ و رقم بر عملکرد دانه در متر مربع معنی‌دار بود و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن، پنج گروه را تفکیک نمود (شکل ۶) و بالاترین عملکرد با استفاده از قارچ *G. etunicatum* برای رقم گلی ثبت شد. همچنین برای این رقم با تلقیح با قارچ *G. mosseae* نسبت به رقم NC7 میزان بالاتری یادداشت شد. در تلقیح رقم NC7 با همه تیمارهای قارچی نتیجه یکسانی به دست آمد.

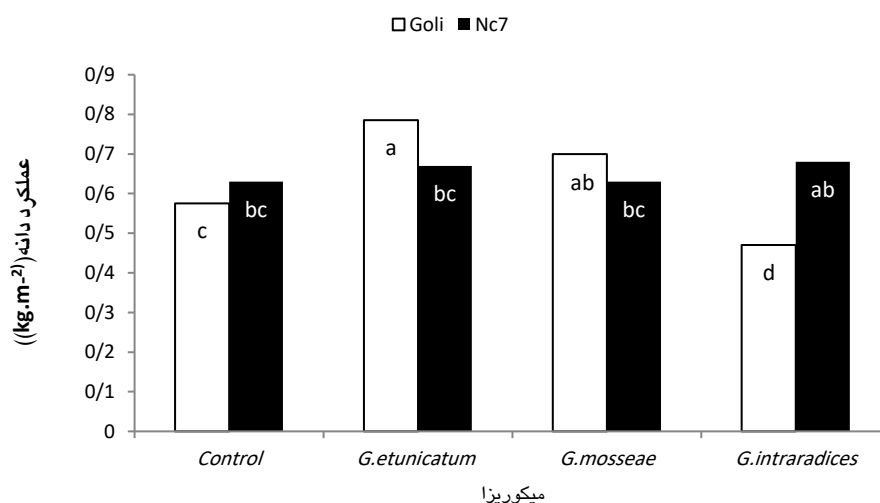
وو و زیا (۲۰۰۷) گزارش کردند که محتوای کلروفیل در گیاهچه‌های تانجرین (*Poncirus trifoliata*) تلقیح شده با قارچ تحت شرایط آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری با محتوای کلروفیل در گیاهچه‌های بدون قارچ داشت. طبق تحقیقات اسماعیل پور و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) قارچ میکوریزا آربوسکولار باعث افزایش مقدار کلروفیل شد. بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل به ترتیب در تیمار با قارچ ورسیفورمیس و تیمار بدون قارچ به دست آمد. لطف الهی و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده کردند که قارچ شبه میکوریزای *Piriformospora indica* باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان SPAD نسبت به شاهد گردید.

عملکرد دانه در واحد سطح

همانطور که در جدول آنالیز واریانس مشاهده می‌شود (جدول ۲)، فاکتور اصلی قارچ میکوریزا و اثر متقابل رقم در قارچ به طور معنی‌داری بر عملکرد دانه در واحد سطح بادام زمینی تأثیر داشتند. اما فاکتور بلوک و اثر اصلی رقم بر مقدار محصول نهایی و عملکرد دانه در واحد سطح تأثیر معنی‌داری نداشتند.



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های تاثیر انواع قارچ میکوریزا بر عملکرد وزنی دانه بادام زمینی



شکل ۶- تاثیر قارچ میکوریزا و رقم بر عملکرد دانه در متر مربع بادام زمینی

نسبت به عدم کاربرد این کودها منجر گردید (غلامی و همکاران ۲۰۱۸).

درصد دانه رسیده در بوته

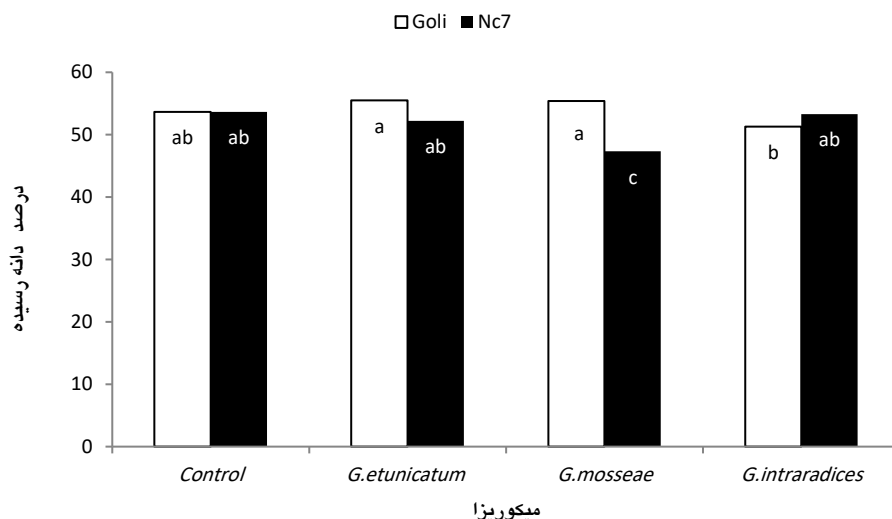
آنالیز واریانس داده‌های مربوط به درصد دانه رسیده در بوته‌های بادام زمینی در این تحقیق نشان داد که فاکتور اصلی رقم و اثر متقابل رقم در قارچ به ترتیب با احتمال ۹۵٪ و ۹۹٪ تاثیر معنی‌داری بر این صفت تاثیر داشتند. اما تاثیر بلوک و قارچ بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم گلی نسبت به رقم NC7 کارایی

تحقیقات نشان داده است که گیاهان همزیست شده با میکوریزا در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز آب بیشتری جذب می‌کنند و از حداکثر طوبت خاک استفاده می‌نمایند (روییز - لوزانو ۲۰۰۳، اوگ ۲۰۰۴). این افزایش جذب در گیاهان میکوریزایی حتی در شرایطی که فسفر خاک نیز زیاد باشد دیده می‌شود (جورج و همکاران ۱۹۹۵). سوبرامانیان و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا عملکرد دانه افزایش یافت. مصرف کودهای زیستی در گیاه گلرنگ با بهبود اجزای عملکرد باعث افزایش عملکرد این محصول

رقم گلی به تولید بالاترین میزان دانه با کیفیت خوب منجر شد (شکل ۷).

بهتری داشت و درصد بالایی از دانه های این رقم از اندازه و کیفیت خوبی برخوردار بود.

اثر متقابل رقم در قارچ بر این صفت معنی‌دار بود و استفاده از قارچ‌های *G. etunicatum* و *G. mosseae* در



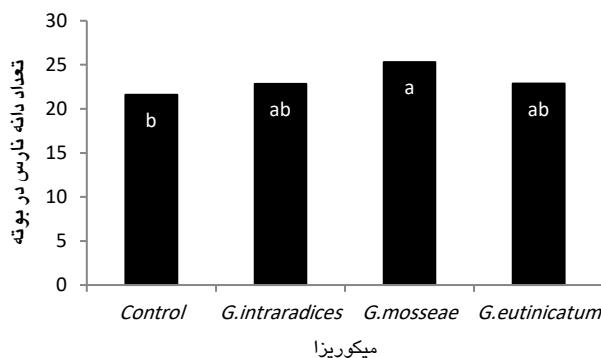
شکل ۷- تاثیر قارچ میکوریزا و رقم بر درصد دانه رسیده در بادام زمینی

میکوریزاهای *G. mosseae* در تلقیح بذر بادام زمینی، نسبت به شاهد و قارچ‌های *G. intraradices* و *G. etunicatum* به طور معنی‌داری افزایش داشت (شکل ۸). در ضمن همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود اختلاف تعداد دانه نارس شمارش شده برای تیمارهای قارچ های میکوریزای *G. intraradices* و *G. etunicatum* معنی‌دار نبود و دو قارچ مذکور تاثیر مشابهی در این صفت داشتند.

تعداد دانه نارس

آنالیز واریانس داده‌های مربوط به تعداد دانه نارسیده در بوته‌های بادام زمینی در این تحقیق نشان داد که این صفت به طور معنی‌داری تحت تاثیر فاکتور اصلی قارچ میکوریزا و اثر متقابل رقم در قارچ قرار گرفت (جدول ۲). اما بلوک و اثر اصلی رقم بر این صفت غیر معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌های مربوط به تاثیر میکوریزا بر تعداد دانه نارس در بوته‌ها نشان داد که در نتیجه کاربرد



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های تاثیر انواع قارچ میکوریزا بر تعداد دانه نارسیده در بوته‌های بادام زمینی

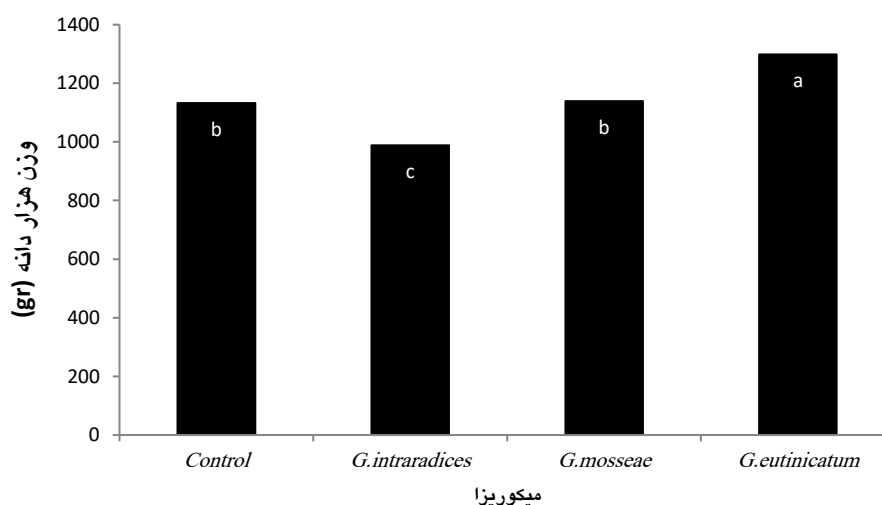
افت پارامترهای رویشی و عملکرد از جمله عملکرد بذر و پر بودن نیام در اثر شرایط تنش آبی در بادام زمینی را بسته به رقم بین ۴۰ تا ۵۰ درصد مشاهده کردند.

وزن هزار دانه

آنالیز واریانس داده‌های مربوط به وزن هزار دانه بادام زمینی در این تحقیق نشان داد که این صفت به طور معنی‌داری تحت تاثیر فاکتور اصلی قارچ میکوریزا و اثر متقابل رقم در قارچ قرار گرفت (جدول ۲). اما بلوک و اثر اصلی رقم بر این صفت غیر معنی‌دار بود. بیشترین وزن هزاردانه با کاربرد قارچ *G. etunicatum* به دست آمد که نشان می‌دهد قارچ مذکور به افزایش مواد جامد در دانه بوته‌های تیمار شده با آن منجر شده است (شکل ۹).

اثر متقابل رقم در قارچ بر این صفت معنی‌دار بود اما آزمون دانکن نشان داد که تنها قارچ *G. mosseae* با رقم NC7 نسبت به بقیه به طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد دانه نارس در بوته شد و بقیه تیمارها در حد یکسانی بودند. در ضمن با توجه به اینکه این صفت از لحاظ زراعی نامطلوب می‌باشد هر چه قدر میزان آن کمتر باشد بهتر است و دو قارچ دیگر تاثیر خوبی در کاهش این پارامتر داشتند.

در گیاه ذرت نشان داده شد که با افزایش جذب فسفر و انتقال آن به گیاه، بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و فراورده‌های فتوسنتزی منجر شده و در نتیجه در زمان پرشدن دانه، شیره پرورده کافی به بلال منتقل می‌شود و تعداد دانه پوک کاهش و تعداد دانه پرافزایش می‌یابد (مهرورز و چیچای ۲۰۰۸). تودو و همکاران (۲۰۲۰) نیز



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های تاثیر انواع قارچ میکوریزا بر وزن هزاردانه بادام زمینی

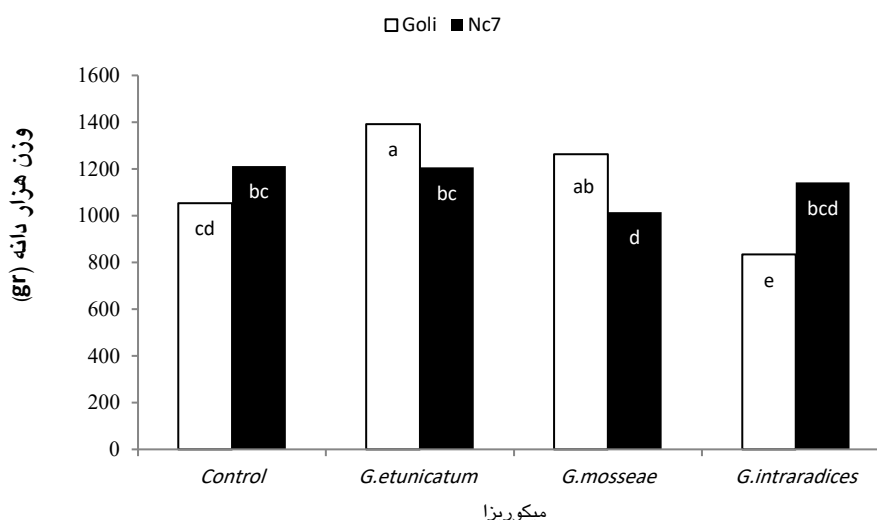
وزن خشک منجر گردید. خرم دل و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اعلام داشتند که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ترکیبی آروسپیریلوم و میکوریزا به دست آمد.

بررسی داده‌های مربوط به وزن هزار دانه بادام زمینی در جدول ۲ نشان می‌دهد که این صفت به طور معنی‌داری تحت تاثیر متقابل قارچ در رقم قرار گرفت و برای رقم گلی با کاربرد قارچ *G. etunicatum* بالاترین مقدار ثبت گردید. همچنین رقم گلی با قارچ *G. mosseae* نیز تاثیر معنی‌دار بر پارامتر مذکور داشت (شکل ۱۰). آناندهام و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تلقیح توأم بادام زمینی با کودهای زیستی منجر به افزایش معنی‌دار

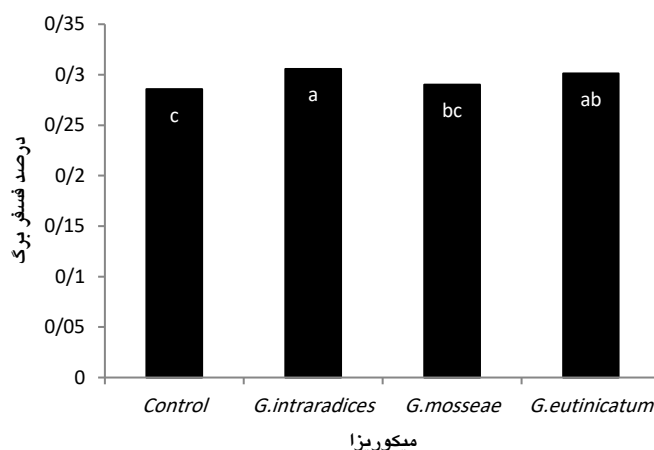
فسفر برگ

با بررسی جدول آنالیز واریانس داده‌ها ملاحظه می‌شود که میزان فسفر اندازه‌گیری شده در برگ بوته‌های بادام به طور معنی‌داری تحت تأثیر فاکتورهای اصلی قارچ میکوریزا، رقم و اثر متقابل رقم در قارچ قرار گرفته است (جدول ۲). اما فاکتور بلوک تأثیر معنی‌داری در صفت مذکور نداشته است.

مقایسه میانگین‌های مربوط به تأثیر میکوریزا بر محتوای فسفر برگ نشان داد که در نتیجه کاربرد هر سه نوع از میکوریزاها نسبت به شاهد میزان فسفر در برگ گیاهان بادام زمینی بیشتر بود ولی قارچ‌های *G. intraradices* و *G. etunicatum* تأثیر بیشتری نسبت به *G. mosseae* بر این صفت داشته است (شکل ۱۱).



شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های تأثیر انواع قارچ میکوریزا و رقم بر وزن هزاردانه بادام زمینی



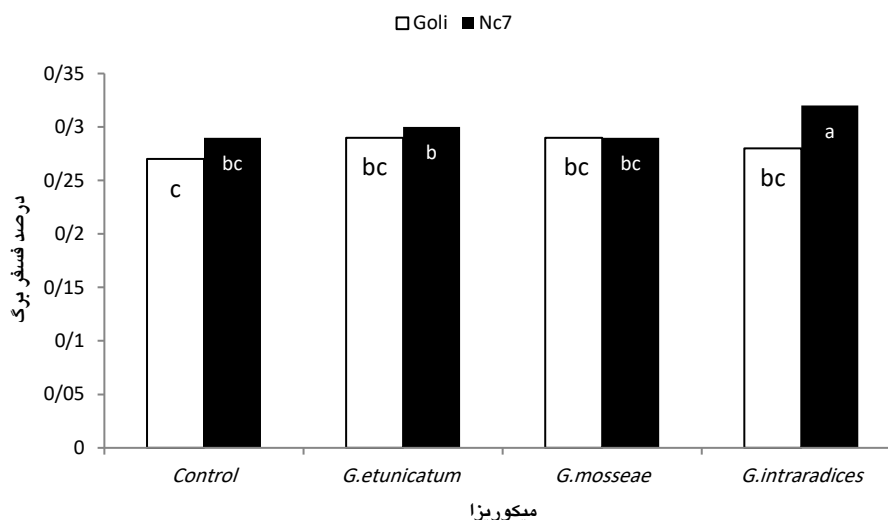
شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های تأثیر انواع قارچ میکوریزا بر درصد فسفر در بافت بوته‌های بادام زمینی

G. intraradices در رقم NC7 بیشترین مقدار فسفر برگ ثبت گردید ولی با تلقیح رقم گلی با همین قارچ حداقل مقدار در بین سه قارچ برای این پارامتر یادداشت شد (شکل ۱۲).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل قارچ و رقم بر میزان فسفر برگ با آزمون دانکن نشان داد که با کاربرد هر سه نوع قارچ بوته‌های رقم NC7 نسبت به رقم گلی از قدرت جذب و تجمع بیشتری برخوردار بودند. با تلقیح با قارچ

(*Lactuca sativa L.*) باعث افزایش جذب فسفر گردید. جیریایی و همکاران (۲۰۱۴) اظهار کردند که کاربرد کودهای زیستی در گندم باعث توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌کنند که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد.

سوبرامانیان و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا (*intraradices*) محتوای فسفر، پتاس، منیزیم، منگنز و روی در دانه این گیاهان نسبت به شاهد بیشتر بود. زاکرینی (۲۰۰۷) گزارش کرد که تلقیح با میکوریزا در کاهو



شکل ۱۲- تاثیر قارچ میکوریزا و رقم بر میزان فسفر اندازه گیری شده در بوته‌های بادام زمینی

کشاورزی پایدار و نیز مطلوب بودن این روند از لحاظ زیست محیطی و بعلاوه کاهش نیاز به مصرف کودهای شیمیایی و آب برای کاشت این محصول و تولید محصول سالمتر استفاده از قارچ‌های میکوریزا پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری:

به این وسیله نویسندگان این مقاله از بخش پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد پارساباد مغان به واسطه تامین امکانات مزرعه‌ای، آزمایشگاهی و مالی لازم برای پیشبرد این تحقیق تقدیر و تشکر می‌نمایند.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این تحقیق همزیستی خوبی بین قارچ میکوریزا و بادام زمینی برقرار گردید و تلقیح با قارچ *G. etunicatum* در مقایسه با دو گونه دیگر مورد استفاده در این آزمایش به طور معنی‌داری به عملکرد بیشتر دانه در بوته منجر شد. عملکرد دانه وابسته به صفات رویشی گیاه است و در این بررسی در نتیجه کاربرد میکوریزاهای *G. etunicatum* و *G. intraradices* گیاهانی با ارتفاع و شاخص کلروفیل بیشتر تولید شد. با توجه به تاثیر مطلوب تلقیح با قارچ میکوریزا بر عملکرد رویشی و تولید دانه در بادام زمینی و در راستای

منابع مورد استفاده

- Akhtar MS and Siddiqui ZA, 2009. Effects of phosphate solubilizing microorganisms and Rhizobium sp. on the growth, nodulation, yield and root-rot disease complex of chickpea under field condition. *African J Biotec* 8 (15): 3489-3496. DOI: 10.5897/AJB09.369
- Al-Karaki GN, 2000. Growth of plant mycorrhiza tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10: 51-54. <https://doi.org/10.1007/s005720000055>

- Anandham R, Sridar R, Nalayini P, Poonguzhali S, Madhaiyan M and Tongmin S, 2007. Potential for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and Rhizobium. Microbiological Research, 162: 139- 153. DOI: [10.1016/j.micres.2006.02.005](https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.02.005)
- Antoun J, 1998. Potential of Rhizobium and Bradyrhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes. (*Raphanus sativus* L.). Plant and Soil, 204: 57-67. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2321-3_5
- Arpana J and Bagyaraj DJ. 2007. Response of Kalmegh to an arbuscular mycorrhizal fungus and a plant growth promoting rhizomicro organism at two levels of phosphorus fertilizer. American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science, 2: 33-38 <http://www.idosi.org/aejaes/aejaes.htm>
- Arya SS , Salve AR, Chauhan S. 2016. Peanuts as functional food: A Review. J. Food Sci. Technol, 53 (1): 31–41. DOI <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2007-9>
- Auge RM. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relation. Can J Soil Sci, 84: 373-381. <https://doi.org/10.4141/S04-002>
- Barea JM, Pozo MJ, Azcon R and Azcon-Aguilar C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of experimental botany, 56(417): 1761-1778. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri197>
- Baum C, El-Tohamy W and Gruda N. 2015. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. Scientia Horticulturae, 187: 131-141. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2015.03.002>
- Berta G, Fusconi A, and Hooker JE. 2002. In: S. Gianinazzi, H. Schuepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds). Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts. Basel, Switzerland, Birkhauser Verlag p. 71-85. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8117-3_6
- Cottenie A. 1980. Soil and plant Testing. FAO Soils Bulletin, No. 38/2, pp. 94-100.
- Darzi MT, Ghalavand A, Sefidkon F and Rejali F. 2009. The effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24(4): 396-413 URL: [HTTP://www.rifr-ac.ir](http://www.rifr-ac.ir) CABI Record Number: 20093145044
- Enayati A, Barmaki M, Seyed Sharifi R and Gholizadeh A. 2020. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Glomus intraradices* on Yield, Yield Components and Germination of Derived Seeds under supplementary Irrigation in some of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. Journal of Agroecology, 11(4): 1309-1326. (In Persian with English Abstract). DOI: [10.22067/JAG.V11I4.71105](https://doi.org/10.22067/JAG.V11I4.71105)
- Esmailpour B, Jalilvand P and Hadian J. 2013. Effect of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology, 5 (2): 169-177. DOI: [10.22067/JAG.V5I2.24496](https://doi.org/10.22067/JAG.V5I2.24496) FAO, 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Gholami K Z, Salehi A, Movahedi DM and Moradi A. 2018. Effect of Mycorrhizal and Phosphate Barvar 2 on Yield and Yield Components and Oil Content of Safflower (*Carthamus tinctorius* L. cultivar soffeh) under Drought Stress. Agriculture Science and Sustainable production, 28 (4): 125-139. (In Persian with English Abstract).
- George E, Marshner H and Jakobsen I. 1995. Role of *Arbuscular mycorrhizal* fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. Critical Review of Biotechnol, 15:257-270. doi.org/10.3109/07388559509147412
- Jiriaie M, Fateh E and Aynehband A. 2014. Evaluation the morph physiological changes in wheat cultivars from the use of *Mycorrhiza* and *Azospirillum*. Iranian Journal of Field Crops Research, 12: 841-851. (In Persian with English Summary). DOI: [10.22067/GSC.V12I4.29368](https://doi.org/10.22067/GSC.V12I4.29368)
- Kassam A and Brammer H. 2013. Combining sustainable agricultural production with economic and environmental benefits. Geographical Journal, 179: 11–18. DOI: [10.2307/23360882](https://doi.org/10.2307/23360882)

- Khorramdel S, Koocheki A, Nasiri Mahalati M and Ghorbani R. 2010. Effect of Biofertilizers on the Yield and Yield Components of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 8 (5):758-766. (In Persian with English Abstract). DOI: [10.22067/GSC.V8I5.8017](https://doi.org/10.22067/GSC.V8I5.8017)
- Liu H, Song F, Liu S, Li X, Liu F and Zhu X. 2018. Arbuscular mycorrhiza improves nitrogen use efficiency in soybean grown under partial root-zone drying irrigation. Archives of Agronomy and Soil Science, 65:269–279. <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1493724>
- Lotfollahi A, Bolandnazar S, Aliasgharzad N, Khoshru B and Siامي A. 2020. Effects of Inoculation with Arbuscular Mycorrhiza and Mycorrhiza-Like Fungi on Growth and Phosphorus Uptake of Coriander. Sustainable Agriculture, 31(1): 87-101. DOI: [10.22034/SAPS.2021.12791](https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.12791)
- Mandal A, Patra AK, Singh D, Swarup A and Masto RE. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. Bioresource technology, 98(18): 3585-3592. DOI: [10.1016/j.biortech.2006.11.027](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.027)
- Mehrvarz S, and Chaichi MR. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 3(6): 855-860.
- Moradi S, Besharati H, Feizi Asl V, Nadian H, Karimi E, and Golchin A. 2009. Effect of different levels of humidity, mycorrhiza and Rhizobium in germination, flowering time and morphological traits in chickpea. In: 11th Iranian Soil Science Congress, Gorgan, Iran, 12-15 July. p. 243-244. (In Persian with English Abstract).
- Rasipour L and Aliasgharzadeh N. 2007. Interactive effect of Phosphate Solubilizing Bacteria and Bradyrhizobium japonicum on Growth, Nodule indices and some Nutrient Uptake of Soybean, Journal of Hydrology and Soil Science, 11 (2), 53.
- Redecker D and Raab P. 2006. Phylogeny of The *Glomeromycota* arbuscular mycorrhizal fungi: recent developments and new gene markers. Mycologia, 98(6): 885-895. <http://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832618>
- Rillig MC and Mummey DL. 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist, 171: 41-53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x>
- Ruiz-Lozano JM. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza, 13: 309-317. DOI <https://doi.org/10.1007/s00572-003-0237-6>
- Schubler A, Schwarzott D and Wallker C. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. Mycological Research, 105(12): 1432-1441. <https://doi.org/10.1017/S0953756201005196>
- Sharma RC, Sarkar S, Das D and Banik P. 2013. Impact assessment of arbuscular mycorrhiza *Azospirillum* and chemical fertilizer application on soil health and ecology. Communications in Soil Science and Plant Analysis Anal, 44:1116–1126. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.750335>
- Shilman F, Brand, Brand A, Hedvat I, Hovav R. 2011. Identification and molecular characterization of homeologous $\Delta 9$ -stearoyl acyl carrier protein desaturase 3 genes from the allotetraploid peanut (*Arachis hypogaea*). Plant Molecular Biology Reporter, 29: 232–241. <https://doi.org/10.1007/s11105-010-0226-9>
- Subramanian KS, Charest C, Dwyer LM and Hamilton R.I. 1995. Arbuscular mycorrhiza and water relations in maize under drought stress at tasselling. New Phytologist, 129: 643-650. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1995.tb03033.x>
- Subramanian KS, Charest C, Dwyer LM, and Hamilton RI. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. Canadian Journal of Botany, 75: 1582-1591. <https://doi.org/10.1139/b97-870>
- Tabatabaei SJ. 2013. Principles of Mineral Nutrition of Plants. Tabriz University Press

- Toudou, D.A.K., Atta, S., Inoussa, M.M., Hamidou, F., Bakasso, Y., 2020. Agro- 806 morphological response of some groundnut genotypes (*Arachis hypogaea* L.) in 807 water deficit conditions. *Afr. J. Agric. Res.* 16 (5), 622–631. DOI:10.5897/AJAR2020.14775
- Varshney RK, Pandey M K and Puppala N. 2017. The peanut genome. Springer .
- Widada J, Damarjaya DI, and Kabirun S. 2007. In: Velazquez, E., and Rodriguez-Barrueco, C. (eds). The interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on the growth and nutrients uptake of sorghum in acid soil. First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Springer, p. 173-177. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5765-6_26
- Wu QS, Xia RX, Zou YN, and Wang GY. 2007. Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings to drought stress. *Acta physiologica Plantarum*, 29: 543-549. DOI 10.1007/s11738-007-0065-y
- Zuccarini P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. *Plant Soil Environment*, 53(7): 283-289. DOI: 10.17221/2209-PSE