# تأثیر میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی بر مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد گشنیز (*Coriandurum sativum L.*)

اسما بستامی[۱] و مجید مجیدیان[۲]*

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲*- **نویسنده مسئول**: استادیار زراعت دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان (ma_majidian@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸

## چکیده

**به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا، کود فسفات زیستی و دامی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز یک آزمایش فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار به‌صورت مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۲ در خرم‌آباد اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل قارچ میکوریزا در دو سطح، کود فسفات زیستی و کود دامی در سه سطح بودند. همچنین یک کرت به عنوان شاهد کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم به میزان ۹۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) در هر تکرار قرار داده شد و مقایسه آن با تیمارهای کودهای زیستی و دامی نیز در قالب طرح بلوک کامل تصادفی صورت گرفت. بیشترین میزان غلظت فسفر دانه (۳/٦۷ درصد)،کاروتنوئید برگ (۲/۳۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، عملکرد زیستی (۳۹۳۱/۷ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (۱۷۸۰/٦۷ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۳٦/۰۸ درصد) در اثر تلقیح با میکوریزا، مصرف ۷۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد که به ترتیب ۵۱، ۱٦۸، ۵۱، ۸۰، ۲۷ درصد بیشتر از شاهد شیمیایی شد. اثر متقابل و معنی‌داری در بین تلقیح میکوریزا و کود فسفات زیستی در کاروتنوئید برگ، عملکرد دانه و شاخص برداشت مشاهده شد. طبق نتایج حاصله در این پژوهش تلقیح میکوریزا بیشترین تأثیر را نسبت به کود فسفات زیستی و کود دامی روی عملکرد دانه و عملکرد زیستی و شاخص برداشت گشنیز داشت.**

***کلید واژه‌ها:کود دامی، عملکرد زیستی، کلروفیل، کاروتنوئید.***

## مقدمه

کشاورزی پایدار با رعایت اصول اکولوژیک، می‌تواند ضمن ایجاد توازن در محیط‌زیست، کارآیی استفاده از منابع را افزایش داده و زمینه بهره‌وری برای مدت‌زمان طولانی‌تری را برای انسان فراهم سازد. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است. کودهای زیستی، شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع جاندار مفید خاک‌زی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به‌منظور تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه در اکوسیستم‌های زراعی به کار می‌روند. قارچ‌های میکوریزا یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای برخی رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر، نیتروژن عناصر کم‌مصرف، افزایش جذب آب، تولید هورمون‌های گیاهی، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در

سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (شارما[1]، ۲۰۰۲). یکی از مهم‌ترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزا افزایش عملکرد گیاهان زراعی، خصوصاً در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است. قارچ‌های میکوریزا از طریق نفوذ میلیسیوم قارچ در خاک، باعث افزایش سطح تماس ریشه‌ها شده و به دنبال آن باعث افزایش عملکرد می‌شود (کارلین و براون[2]، ۱۹۸۲). تلقیح گیاه شبدر با قارچ‌های میکوریزا موجب افزایش سطح برگ‌ها و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل آن‌ها شد (رایت و همکاران[3]، ۱۹۹۸). در پژوهش آریاگادا و همکاران[4] (۲۰۰۷) که بر روی گیاه دارویی اکالیپتوس انجام شد، مشاهده شد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا به‌نام‌های *Glomus mosseae* و *G. deserticola* باعث افزایش قابل ملاحظه وزن خشک در گیاه در مقایسه با شاهد شد. از آنجا که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کمیت و کیفیت و سلامت ماده مؤثره می‌باشد به نظر می‌رسد که تغذیه‌ی سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای بیش‌ترین تطابق با اهداف تولید گیاهان دارویی می‌باشد که منجر به بهبود عملکرد کمی و کیفی آن‌ها می‌شود (کاپور و همکاران[5]، ۲۰۰۲). ریزجانداران حل‌کننده فسفات به‌وسیله کاهش اسیدیته محیط پیرامونی خود که از طریق آزادسازی اسیدهای آلی با دفع پروتون صورت می‌گیرد، قادر به حلالیت فسفر از کمپلکس‌های فسفات کلسیم می‌باشند و اسیدهای آلی آزاد شده نیز قادر هستند که مستقیماً فسفر معدنی را حل کنند و هم می‌توانند یون‌های آلومینیوم و آهن را کلات کنند. ریز جاندارهای حل‌کننده فسفات قادر به تولید اسیدهای آلی مختلفی می‌باشند که از جمله می‌توان به استات، لاکتات، اکسالات، تارتارات، گیلکولات، سوکسینات، سیترات، گلوکونات وکتور گلوکونات اشاره کرد در برخی حالات، کمبود فسفر محلول خاک نیز موجب تحریک فعالیت این ریز جاندارها می‌شود و بعضی از این ریز جاندارها قادرند از طریق کاهش اسیدیته محیط سبب حلالیت فسفر از سنگ فسفات گردند (جاینشوار و همکاران[6]، ۲۰۰۲).

کود دامی از طریق افزایش هوموس خاک، ذرات خاک را بهم چسبانده و آن‌ها را از فرسایش آبی و بادی مصون می‌دارد و در صورت اضافه شدن به کودهای معدنی می‌تواند تأثیر جبرانی و تکمیلی دربرداشته باشد (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱).

گشنیز[7] با نام علمی (*Coriandrum sativum* L.)، از خانواده چتریان[8]، گیاهی است یک‌ساله به ارتفاع ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و با طول دوره رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز و گرمادوست که در انواع خاک‌ها می‌روید (امیدبیگی، ۱۳۷۶). اسانس میوه گشنیز در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و روغن میوه آن در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (سفیدکن، ۱۳۷۸). از این گیاه به عنوان هضم‌کننده غذا، ضد نفخ، اشتهاآور، برطرف‌کننده دردهای عضلانی و آرامش‌بخش نیز استفاده می‌شود (دمیر[9]، ۲۰۰۴).

گشنیز از جمله سبزی‌های پرطرفدار است که به علت دوران کوتاه رشد و نمو می‌توان چندین بار در سال از آن محصول برداشت کرد. از سویی دیگر می‌توان از آن به‌عنوان یک محصول صادارتی و با ارزش یاد کرد. با توجه به نیاز بیش‌تر به تولید گشنیز و بهبود کیفیت آن، در این پژوهش، تأثیر کودهای زیستی شامل قارچ میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی بر عملکرد و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گشنیز در شرایط آب و هوایی خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار سال زراعی ۹۲ در مزرعه‌ای واقع در خرم‌آباد وابسته به سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان

1- Sharma
2- Carling & Brown
3- Wright *et al.*
4- Arriagada *et al.*
5- Kapoor *et al.*
6- Gyaneshwar *et al.*
7- Coriander
8- Apiaceae
9- Demir

با موقعیت جغرافیایی طول ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۵۸۰ متر، بیشینه و کمینه دما به ترتیب ۴۵، ۱۵- درجه سلسیوس اجرا شد، بیشینه و کمینه دما در زمان اجرای آزمایش ۱۸ و ۳ درجه سلسیوس بود. پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه عاملی شامل قارچ میکوریزا (M) در دو سطح (عدم تلقیح $M_1$= و تلقیح $M_2$=)، عامل کود فسفات زیستی (P) در سه سطح ($P_1$=۰، ۳۵ $P_2$= و ۷۰ $P_3$= کیلوگرم در هکتار) و کود دامی (F) در سه سطح ($F_1$= ۰، ۱۰ $F_2$= و ۲۰ $F_3$= تن در هکتار) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار انجام شد. همچنین یک کرت به‌عنوان شاهد کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان ۹۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) در هر تکرار قرار داده شد و مقایسه آن با تیمارهای کودهای زیستی و دامی نیز در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۹ تیمار و سه تکرار صورت گرفت. ابعاد کرت‌ها ۲×۲ متر، فاصله کرت‌ها یک متر و فاصله‌ی بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. نوع خاک مورد آزمایش از نوع لومی رسی بود که نتایج تجزیه آن در جدول ۱ آمده است. اعمال کودهای شیمیایی سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در زمان کاشت به صورت نواری و کود اوره در سه مرحله، زمان کاشت، اوایل ساقه‌دهی و گلدهی بود. همچنین اعمال کود دامی پوسیده که از مبنع گاوی بود در اسفند ۹۱ انجام شد. مایه تلقیح میکوریزایی (مقدار ۱۵ میلی‌گرم مایه تلقیحی برای ۱۱۰ گرم بذر به کار برده شد) که به‌صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده، حاوی گونه‌ای قارچ میکوریزا *Glomus mosseae* بود. هر بذر آغشته به مایه تلقیح میکوریزایی در حدود ۲۵۰-۲۰۰ اندام فعال قارچی دریافت می‌کرد. پس از کسب اطمینان کافی از اختلاط کامل بذرها با مایه تلقیحی میکوریزایی (از صمغ عربی برای چسبندگی بهتر بذرها با مایع تلقیح قارچ استفاده شد) و پس از خشک شدن بذرها، عملیات کاشت انجام شد. درکنار هر خط کاشت، شیاری در سراسر پشته به عمق ده سانتی‌متر ایجاد کرده و کود فسفات زیستی و کود دامی را در داخل شیار ریخته و به‌وسیله شن‌کش روی آن خاک داده شد. کود فسفات زیستی حاوی سنگ فسفات معدنی و یک گونه از باکتری‌های حل‌کننده فسفات *Pseudomonas striata* بود که در هر گرم از آن در حدود $10^5$ باکتری فعال یاد شده وجود داشت. کاشت گشنیز (توده محلی نهاوند که از مرکز تحقیقات گیاهان دارویی اصفهان تهیه شد) در هشتم فروردین سال ۹۲ و پس از این‌که بخشی از بذور مورد نظر با مایه تلقیح میکوریزایی مخلوط شدند، انجام شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. در مرحله ظهور چهارمین برگ، تراکم کاشت بر اساس دویست و پنجاه هزار بوته در هکتار (۱۰×۴۰ سانتی‌متر) تنظیم شد (اکبری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۵). کاشت به صورت ردیفی و آبیاری به صورت نشتی صورت گرفت. عملیات مبارزه با علف‌های هرز مزرعه در سه نوبت به‌روش مکانیکی و به‌وسیله دست صورت گرفت. عملیات آبیاری نیز پس از سبزشدن و استقرار هر شش روز یک‌بار انجام گرفت. به‌منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، از خطوط میانی هر کرت معادل یک مترمربع، از بوته‌ها به روش دستی برداشت و پس از خشک شدن در هوای آزاد در سایه، در گونی‌های دربسته کوبیده شده، دانه آن‌ها جدا شد. ده بوته از هر کرت نیز جهت تعیین عملکرد زیستی در داخل آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد ثابت ماندن وزن خشک قرار داده شد. برای تعیین میزان مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ در مرحله گلدهی کامل از روش آرنون[1] (۱۹۴۹) استفاده شد. مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات-وانادات) و به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹.۲) استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

1- Arnon

**جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک و کود دامی**

| بافت خاک | اسیدیته خاک | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | مواد آلی (درصد) | نیتروژن (درصد) | فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| لومی رسی | ۷/۴۵ | ۱/۱۵ | ۰/۸۷ | ۰/۱۶ | ۳/۸ | ۵۰۰ |
| کود دامی | ۸ | ۱۸/۷ | ۱۱/۷ | ۰/۸۵ | ۳۶۰۰ | ۱۱۰۰ |

فرم قابل جذب عناصر غذایی در نمونه خاک و میزان کل هر یک از عناصر غذایی در نمونه خاک کود

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تلقیح با میکوریزا (۱۵۷۹/۱۵ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم تلقیح (۱۰۱۵/۶۷ کیلوگرم در هکتار)، در حدود ۵۵ درصد بیش‌تر شد (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با یافته‌های گوپتا و همکاران[1] (۲۰۰۲) در نعناع مطابقت دارد. در آزمایشی کاربرد *Golumus hoi* سبب افزایش عملکرد اندام هوایی و وزن هزار دانه گشنیز شد (علی‌آبادی، ۱۳۸۹). یکی از مهم‌ترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزا افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد، قارچ‌های میکوریزا از طریق نفوذ میلیسیوم قارچ در خاک، باعث افزایش سطح تماس ریشه‌ها شده و به دنبال آن باعث افزایش عملکرد می‌شود (کارلین و براون، ۱۹۸۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میان سطوح کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌نحوی که عملکرد دانه در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۱۵۱۰/۶۱ کیلوگرم در هکتار) در حدود ۳۴/۲۲ درصد بیش‌تر از صفر کیلوگرم در هکتار (۱۱۲۵/۴۴ کیلوگرم در هکتار) و در حدود ۲۰/۲۵ درصد بیش‌تر از ۳۵ کیلوگرم در هکتار (۱۲۵۶/۱۷ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات متقابل دو عامل تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی نیز دارای اختلاف معنی‌داری بود به‌نحوی‌که عملکرد دانه در تیمارهای شامل سطح تلقیح میکوریزایی در سطوح مختلف کود فسفات زیستی (۱۷۳۶/۲، ۱۵۶۴/۷، ۱۴۳۵/۳۳ کیلوگرم در هکتار) دارای برتری قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با تیمارهای شامل سطح عدم تلقیح در سطوح کود فسفات زیستی (۱۲۸۵، ۹۴۸/۱، ۸۱۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار) بود که بیانگر کارایی سیستم همزیستی میکوریزایی در انتقال عناصر غذایی به گیاه میزبان است (شکل ۱). در پژوهشی افزایش عملکرد دانه به افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و بهبود فتوسنتز گیاهان مذکور نسبت داده شد. آن‌ها هم‌چنین اظهار داشتند که ممکن است تولید هورمون‌های گیاهی که توسط این ریز جاندارها صورت می‌گیرد، دارای تأثیر تحریک کنندگی بر روی همزیستی میکوریزایی باشد و موجب افزایش عملکرد دانه شود. هم‌چنین در این تحقیق آشکار شد که جذب بیش‌تر فسفر نیز، توسط گیاهان ذکر شده می‌تواند به‌دلیل بهبود حلالیت این عنصر و انتقال آن توسط هیف‌های میکوریزا به آن‌ها باشد (سینک و کاپور[2]، ۱۹۹۹). خلیلی (۱۳۸۹) بیان داشت که تلقیح توام قارچ *Glomus mosseae* با باکتری *Pseudomons fluorescens* روی عملکرد دانه گندم نسبت به تیمار عدم تلقیح افزایش یافت.

بین سطح اول و سوم کود دامی تفاوت معنی‌داری نیز وجود داشت به‌طوری‌که عملکرد دانه در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۱۳۴۱/۷۸ کیلوگرم در هکتار) در حدود هفت درصد بیش‌تر از تیمار عدم کود فسفات زیستی (۱۲۵۵/۴۴ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۲). بررسی‌های کاروبا[3] (۲۰۰۹) نیز مبین آن بود که کاربرد کود دامی موجب بهبود عملکرد گیاه دارویی گشنیز تحت شرایط مزرعه‌ای می‌شود.

1- Gopta *et al.*

2- Singh & Kapoor

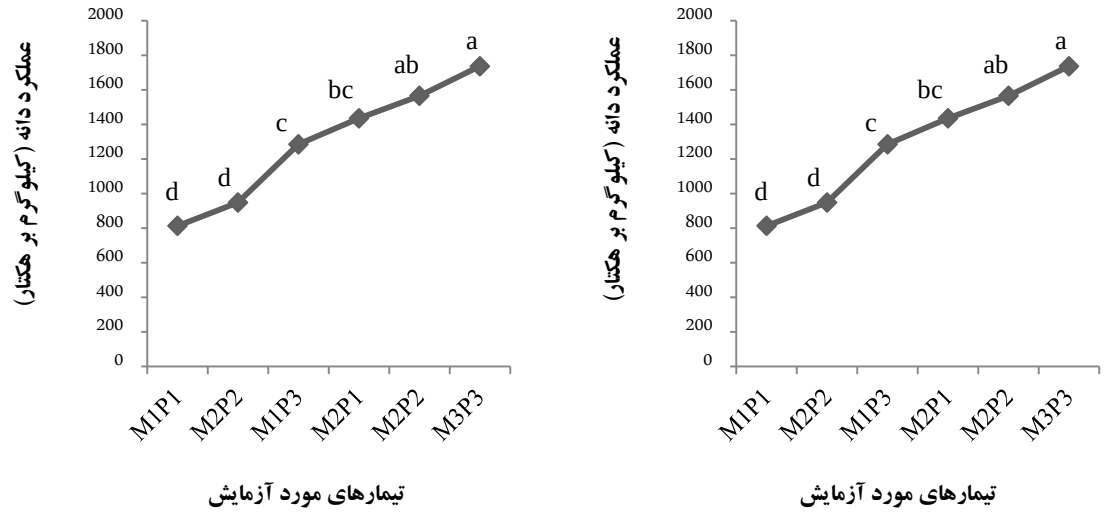
3- Carrubba

**جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات کمی و کیفی گشنیز تحت تأثیر کودهای زیستی و دامی**

| | تیمار | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کلروفیل کل (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) | کاروتنوئید کل برگ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) | غلظت فسفر دانه (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تلقیح میکوریزا | عدم تلقیح $M_1$= | ۱۰۱۵/۶۷$^{b}$ | ۲۷۷۸/۸۹$^{b}$ | ۳۶/۳۵$^{b}$ | ۰/۰۶۶$^{b}$ | ۰/۹۳$^{b}$ | ۲/۳۸$^{b}$ |
| | تلقیح $M_2$= | ۱۵۷۹/۱۵$^{a}$ | ۳۵۸۴/۰۷$^{a}$ | ۴۲/۳۵$^{a}$ | ۰/۱۲$^{a}$ | ۱/۵$^{a}$ | ۲/۷$^{a}$ |
| کود فسفات زیستی | $P_1$=۰ | ۱۱۲۵/۴۴$^{c}$ | ۲۹۴۸/۹$^{b}$ | ۳۷/۶$^{b}$ | ۰/۰۷۶$^{b}$ | ۱/۰۴$^{c}$ | ۲/۵۱$^{c}$ |
| | $P_2$= ۳۵ | ۳۱۷۳/۹$^{ab}$ | ۱/۲۵$^{b}$ | ۳۹/۲۷$^{b}$ | ۲/۶۸$^{b}$ | ۰/۰۹$^{ab}$ | ۲/۶۹$^{b}$ |
| | $P_3$= ۷۰ | ۱۵۱۰/۶۱$^{a}$ | ۳۴۲۱/۷$^{a}$ | ۴۴/۴۸ | ۰/۱۱$^{a}$ | ۱/۵۸$^{a}$ | ۳/۰۴$^{a}$ |
| کود دامی | $F_1$= ۰ | ۱۲۵۵/۴۴$^{b}$ | ۳۱۱۶/۳۹$^{a}$ | ۳۹/۹۱$^{a}$ | ۰/۰۸$^{a}$ | ۱/۱۹$^{a}$ | ۲/۶۷$^{b}$ |
| | $F_2$= ۱۰ | ۳۱۶۷/۷۸$^{a}$ | ۳۱۶۷/۷۸$^{a}$ | ۴۰/۴۲$^{a}$ | ۲/۷۱$^{b}$ | ۰/۰۹$^{a}$ | ۲/۷۳$^{ab}$ |
| | $F_3$= ۲۰ | ۳۱۱۶/۳۹$^{a}$ | ۳۱۱۶/۳۹$^{a}$ | ۴۰/۹۱$^{a}$ | ۲/۸۷$^{a}$ | ۰/۱$^{a}$ | ۲/۸۵$^{a}$ |

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵ ٪ ندارند.

کود فسفات زیستی بر حسب کیلوگرم بر هکتار و کود دامی بر حسب تن در هکتار می‌باشد.




**شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح میکوریزا و کود فسفات زیستی بر عملکرد دانه**

**میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند**

**عدم تلقیح میکوریزا =$M_1$، تلقیح میکوریزا=$M_2$، کود فسفات زیستی (P) در سه سطح (۰=$P_1$، ۳۵ =$P_2$ و ۷۰ =$P_3$ کیلوگرم در هکتار)**

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌ترین عملکرد دانه (۸۱۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار عدم تلقیح میکوریزا، کاربرد ۳۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی و بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۷۸۰/۶۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تلقیح با میکوریزا، مصرف ۷۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۲۰ تن کود دامی بود که به ترتیب در حدود ۲۱ درصد کم‌تر و ۸۰ درصد بیش‌تر از شاهد شیمیایی (۹۸۶/۳۳ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد تیمارهای کودهای زیستی و دامی مطلوب در مقایسه با شاهد شیمیایی، به‌مراتب شرایط مناسب‌تری را برای افزایش عملکرد فراهم می‌آورند.

## عملکرد زیستی

مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن بود که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به‌نحوی که عملکرد زیستی در تلقیح با میکوریزا

(۳۵۸۴/۰۷ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم تلقیح (۲۷۷۸/۸۹ کیلوگرم در هکتار)، در حدود ۳۰ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی گیاه دارویی بشقابی[1] انجام گرفت گزارش شد که تلقیح ریشه این گیاه با میکوریزا باعث افزایش رشد گیاه شده است (جوشی[2]، ۲۰۰۷). با این حال در پژوهشی اعلام شد؛ که با وجود افزایش سرعت فتوسنتز شبدر سفید میکوریزایی شده، زیست توده این گیاه افزایش معنی‌داری با شاهد نداشت (رایت و همکاران[3]، ۱۹۹۸).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میان سطوح کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌نحوی که کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۳۴۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار) در حدود ۱۶ درصد بیش‌تر از صفر کیلوگرم در هکتار (۲۹۴۸/۹ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۲). در آزمایشی بهبود معنی‌دار عملکرد زیستی در اثر مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات در یک گیاه دارویی از خانواده فرفیون به نام *Phyllanthus amarus* در مقایسه با تیمار شاهد گزارش شد (آنامالای[4]، ۲۰۰۴).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌ترین عملکرد زیستی (۲۳۶۰/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار عدم تلقیح میکوریزا، کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی و بیش‌ترین عملکرد زیستی (۳۹۳۱/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تلقیح با میکوریزا، مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی بود که به ترتیب در حدود ده درصد کم‌تر و ۵۱ درصد بیش‌تر از شاهد شیمیایی (۲۵۹۸/۳ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۳). در تحقیقی مشاهده شد که اعمال کودهای زیستی بر روی گیاه شنبلیله[5] موجب افزایش عملکرد زیستی گیاه می‌شود (ناگاندا[6]، ۲۰۱۰).

1- Scutellaria integrifolia
2- Joshee
3- Wright *et al.*
4- Annamalai
5- Trigonella foenum-graecum
6- Nagananda

## شاخص برداشت

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تلقیح با میکوریزا (۳۶/۵۵ درصد) و عدم تلقیح (۴۲/۳۵ درصد) تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به‌نحوی‌که شاخص برداشت در تلقیح با میکوریزا در حدود ۱۵ درصد بیش‌تر شد (جدول ۲). سلیمان و هیراتا[7] (۱۹۹۵) در آزمایشی گزارش کردند میکوریزا سبب تسریع در انتقال نیتروژن و فسفر از اندام هوایی و یا خاک به دانه برنج شد و باعث افزایش شاخص برداشت شد. این افزایش را می‌توان به بهبود میزان فتوسنتز گشنیز و متعاقب با آن افزایش عملکرد زیستی و نیز سهم قابل توجهی از عملکرد زیستی که به عملکرد دانه اختصاص می‌یابد و نهایتاً موجب افزایش شاخص برداشت می‌شود، نسبت داد.

میان سطوح کود فسفات زیستی نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت به‌نحوی‌که کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۴۴/۴۸ درصد) و در حدود ۱۸ درصد بیش‌تر از صفر کیلوگرم در هکتار (۳۷/۶ درصد) و در حدود ۱۳ درصد بیش‌تر از کاربرد ۳۵ کیلوگرم در هکتار (۳۹/۲۷ درصد) شد (جدول ۲). تهامی[8] (۲۰۱۱) نیز با بررسی اثر کودهای زیستی و آلی روی ریحان[9] گزارش کرد بیش‌ترین شاخص برداشت در اثر کاربرد کودهای زیستی حاصل شد. در خصوص اثر کود فسفات زیستی بر شاخص برداشت باید گفت که این امر احتمالاً ناشی از افزایش جذب فسفر و تأثیر آن بر روی بهبود میزان فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه و در نهایت افزایش شاخص برداشت گشنیز بوده است.

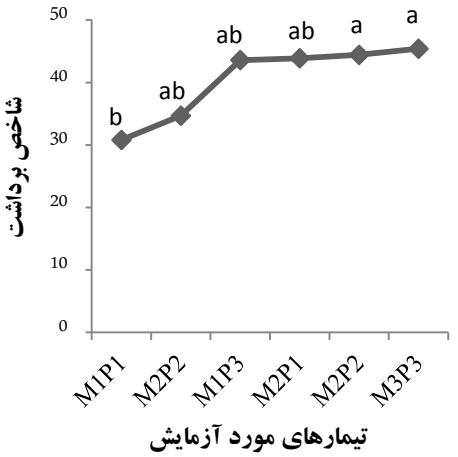
هم‌چنین اثر متقابل بین تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی دارای تفاوت معنی‌داری بود به‌نحوی‌که شاخص برداشت در تیمار شامل سطح تلقیح در سطح سوم کود فسفات زیستی (۴۵/۳۹ درصد)، از سطح عدم تلقیح در سطح اول کود فسفات زیستی (۳۰/۸ درصد)، ۴۷ درصد بیش‌تر بود (شکل ۲).

7- Solaiman & Hirata
8- Tahami
9- Ocimum bacilicum

**جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی گشنیز تحت تأثیر کودهای زیستی و دامی و شاهد**

| تیمار | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) | کلروفیل کل (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) | کاروتنوئید کل (میکروگرم بر میلی‌لیتر) | غلظت فسفر دانه (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_1P_1F_1$ | ۱۵۱۰/۶$^{hi}$ | ۲۶۶۱/۷$^{e}$ | ۳۲/۵۵$^{b-e}$ | ۰/۰۴$^{h}$ | ۰/۶۹$^{j}$ | ۲/۰۵$^{h}$ |
| $M_1P_1F_2$ | ۸۹۰/۶۷$^{i}$ | ۲۵۳۰$^{e}$ | ۳۰/۴۱$^{de}$ | ۰/۰۵۲$^{h}$ | ۰/۵۲$^{j}$ | ۲/۱۶$^{hg}$ |
| $M_1P_1F_3$ | ۸۲۰/۳۳$^{i}$ | ۲۷۴۳/۳$^{ed}$ | ۲۹/۴۴$^{e}$ | ۰/۰۳$^{h}$ | ۰/۸$^{h-j}$ | ۲/۳$^{e-h}$ |
| $M_1P_2F_1$ | ۸۱۰/۳۳$^{i}$ | ۲۷۴۰$^{ed}$ | ۳۱/۲۵$^{cde}$ | ۰/۰۶۹$^{e-h}$ | ۰/۸۵$^{h-j}$ | ۲/۲۷$^{f-g}$ |
| $M_1P_2F_2$ | ۸۱۰$^{i}$ | ۲۶۷۸/۳$^{e}$ | ۳۴/۶۱$^{a-e}$ | ۰/۰۶$^{gh}$ | ۰/۹$^{g-j}$ | ۲/۰۱$^{h}$ |
| $M_1P_2F_3$ | ۱۰۶۰$^{gh}$ | ۲۵۷۵$^{e}$ | ۳۸/۱۶$^{a-e}$ | ۰/۰۶۵$^{f-h}$ | ۰/۸۷$^{ij}$ | ۲/۴$^{d-h}$ |
| $M_1P_3F_1$ | ۱۲۳۱/۶۷$^{fg}$ | ۲۵۰۵$^{e}$ | ۴۲/۴۹$^{a-d}$ | ۰/۰۷۹$^{d-h}$ | ۱/۰۷$^{f-j}$ | ۲/۶۲$^{c-h}$ |
| $M_1P_3F_2$ | ۱۳۰۵$^{ef}$ | ۲۳۶۰/۳$^{e}$ | ۳۱/۳۸$^{c-e}$ | ۰/۰۸۳$^{c-h}$ | ۱$^{e-j}$ | ۲/۶۶$^{c-h}$ |
| $M_1p_3f_3$ | ۱۳۰۰/۸۹$^{ef}$ | ۳۰۲۰$^{b-e}$ | ۴۳/۸۸$^{ab}$ | ۰/۰۸۷$^{e-h}$ | ۰/۶۹$^{i}$ | ۲$^{h}$ |
| $M_2P_1F_1$ | ۱۳۹۰$^{def}$ | ۳۰۷۵$^{b-e}$ | ۴۵/۴۴$^{a}$ | ۰/۰۹$^{c-h}$ | ۱/۲۵$^{d-i}$ | ۲/۸۲$^{b-g}$ |
| $M_2P_1F_2$ | ۱۷۰۰/۶۷$^{a-c}$ | ۳۲۶۷/۷$^{a-e}$ | ۴۳/۸۹$^{ab}$ | ۰/۰۹$^{c-h}$ | ۱/۳۳$^{c-h}$ | ۲/۸۴$^{c-g}$ |
| $M_2P_1F_3$ | ۱۴۸۹/۳۳$^{c-e}$ | ۲۶۱۶/۴$^{e}$ | ۴۳/۹$^{ab}$ | ۰/۱۱$^{b-f}$ | ۰/۹$^{g-j}$ | ۲/۹۳$^{b-e}$ |
| $M_2P_2F_1$ | ۱۵۱۵$^{b-e}$ | ۲۷۵۹/۳$^{ed}$ | ۴۳/۱۲$^{a-c}$ | ۰/۱$^{b-f}$ | ۱/۰۲$^{e-j}$ | ۲/۹۹$^{a-d}$ |
| $M_2P_2F_2$ | ۱۵۸۱/۶۷$^{a-d}$ | ۳۶۰۸/۳$^{a-c}$ | ۴۴/۳۱$^{ab}$ | ۰/۱۱$^{b-f}$ | ۱/۶۰$^{b-e}$ | ۲/۹۷$^{b-e}$ |
| $M_2P_2F_3$ | ۱۵۹۶$^{a-d}$ | ۳۶۷۵$^{ab}$ | ۴۴/۱۸$^{a}$ | ۰/۱۲$^{b-d}$ | ۱/۶۷$^{b-d}$ | ۳/۲$^{a-c}$ |
| $M_2P_3F_1$ | ۱۷۰۳$^{a-c}$ | ۳۸۵۰$^{a}$ | ۴۵/۰۷$^{a}$ | ۰/۱۲$^{b-d}$ | ۰/۷۸$^{ij}$ | ۳$^{a-c}$ |
| $M_2P_3F_2$ | ۱۰۲۵$^{gh}$ | ۳۸۷۵$^{a}$ | ۴۵/۱۹$^{a}$ | ۰/۱۵$^{a}$ | ۲/۳۴$^{a}$ | ۲/۴۳$^{d-h}$ |
| $M_2P_3F_3$ | ۱۷۸۰/۶۷$^{a}$ | ۳۹۳۱/۷$^{a}$ | ۴۵/۹۱$^{a}$ | ۰/۱۲$^{b-d}$ | ۲/۳۹$^{a}$ | ۳/۶۷$^{a}$ |
| شاهد | ۹۸۶/۳۳$^{hi}$ | ۲۵۹۸/۳$^{e}$ | ۳۶/۰۸$^{a-e}$ | ۰/۰۷۵$^{e-h}$ | ۰/۸۹$^{g-j}$ | ۲/۴۳$^{d-h}$ |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵ ٪ ندارند




**شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح میکوریزا و کود فسفات زیستی بر شاخص برداشت**

**میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند**

**عدم تلقیح میکوریزا =$M_1$، تلقیح میکوریزا=$M_2$، کود فسفات زیستی (P) در سه سطح ($P_1$=۰، $P_2$ =۳۵ و $P_3$ =۷۰ کیلوگرم در هکتار)**

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌ترین شاخص برداشت (۲۹/۴۴ درصد) مربوط به تیمار عدم تلقیح میکوریزا، کاربرد صفر کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی، بیش‌ترین شاخص برداشت (۴۵/۹۱ درصد) مربوط به تیمار تلقیح با میکوریزا، مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی بود که به ترتیب در حدود ۲۲ درصد کم‌تر و ۲۷ درصد بیش‌تر از شاهد شیمیایی (۳۶/۰۸ درصد) شد (جدول ۳). ایجاد تعادل در عناصر غذایی می‌تواند ضمن افزایش رشد رویشی در رشد زایشی نیز موثر باشد و با ایجاد مقصد فراوان (دانه)، فرآورده‌های فتوسنتزی تولیدی حاصل از رشد رویشی به موقع به دانه‌ها انتقال و در نهایت باعث افزایش شاخص برداشت می‌شود.

## میزان کلروفیل کل برگ

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به نحوی که میزان کلروفیل کل برگ در تلقیح با میکوریزا (۰/۱۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۰۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، ۱۰۰ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲).

فتوسنتز یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه است که وابسته به محتوای کلروفیل در گیاه می‌باشد و از این رو ممکن است همزیستی میکوریزی به‌عنوان یک محرک متابولیسمی عمل کند که سبب جابجایی قاعده‌گرای محصولات فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها شده و بدین‌سان محرکی برای انجام فعالیت فتوسنتزی بیش‌تری باشد. دیده شده است که در گیاهان میزبان میزان هورمون‌های سیتوکنین و جیبرلین افزایش می‌یابد که افزایش این هورمون‌ها به‌ویژه سیتوکنین می‌تواند شدت فتوسنتز را توسط باز شدن روزنه‌های هوایی که بر جابجایی و تنظیم محتوای کلروفیل مؤثر است، بهبود بخشد (آلن و چریستنسن[1]، ۱۹۸۲). از طرفی قارچ میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کند و می‌تواند سنتز کلروفیل را افزایش دهد (گری و همکاران[2]، ۲۰۰۲)، سلواراژ و چلاپان[3] (۲۰۰۶) (۲۰۰۶) افزایش میزان کلروفیل کل را در برگ‌های *Prosopis juliflora* کلونیزه شده با *G. fasciculatum* را نشان داده است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میان سطح اول و سوم کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌نحوی که میزان کلروفیل کل برگ در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۱۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در حدود ۵۷ درصد بیش‌تر از صفر کیلوگرم در هکتار (۰/۰۷ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌ترین میزان کلروفیل کل برگ (۰/۰۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) مربوط به تیمار عدم تلقیح میکوریزا، کاربرد صفر کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی، بیش‌ترین میزان کلروفیل کل برگ (۰/۱۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) مربوط به تلقیح با میکوریزا، مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ده تن در هکتار کود دامی بود که به ترتیب در حدود ۱۵۰ درصد کم‌تر و ۱۰۰ درصد بیش‌تر از شاهد شیمیایی (۰/۰۷۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) شد (جدول ۳).

## میزان کاروتنوئید برگ

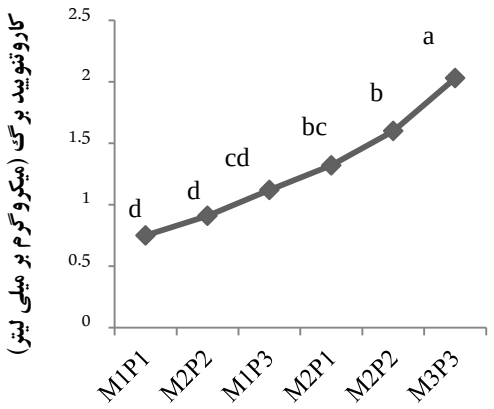
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به‌نحوی‌که میزان کاروتنوئید کل برگ در تلقیح با میکوریزا (۱/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۹۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، ۶۱ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲). محمودی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند قارچ *Glomus mosseae*، ۵/۵ درصد میزان کاروتنوئیدهای برگ لوبیا را نسبت به شاهد غیر میکوریزایی افزایش داد. در آزمایشی کاهش کلروزیس برگی در اثر تابش پرتو UV-C، در گیاهان همزیست با قارچ میکوریزا به افزایش محتوای کاروتنوئید توسط این قارچ‌ها گزارش شد (رحمت‌زاده، ۱۳۸۷). لوچه تساندیر و همکاران[4] (۱۹۹۹) گزارش کردند که در گیاه سیب‌زمینی میکوریزایی شده با *Glomus intraradices*، محتوای کاروتنوئید بیش‌تری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشتند. بالا بودن سطح کاروتنوئید را در نمونه‌های میکوریزایی را می‌توان به بالا بودن جذب فسفر به‌عنوان یک حامل انرژی در طی فرایند فتوسنتز نسبت داد.

مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن بود که میان سطح اول و سوم کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌نحوی که میزان کاروتنوئید برگ در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۱/۵۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در

1- Allen & Christensen
2- Gire *et al.*
3- Selvaraj & Chellappan
4- Louche-Tessandier *et al*.

حدود ۵۷ بیش‌تر از صفر کیلوگرم در هکتار (۱/۰۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دو عامل تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی نیز دارای اختلاف معنی‌داری بود، به‌نحوی که میزان کاروتنوئید برگ فقط در تیمار حاوی سطح تلقیح با میکوریزا و مصرف ۷۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی (۱/۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در مقایسه با تیمار عدم تلقیح و کاربرد ۷۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی (۱/۱۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر) ۴۲/۸ درصد افزایش یافت (شکل ۳). در اینجا یک اثر تقویت‌کننده، در تیمار شامل تلقیح با میکوریزا و مصرف ۳۵ کیلوگرم کود فسفات زیستی به‌طرز محسوسی نمایان می‌شود.




**شکل۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح میکوریزا و کود فسفات زیستی بر کاروتنوئید برگ**

**میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند**

**عدم تلقیح میکوریزا =$M_1$، تلقیح میکوریزا=$M_2$، کود فسفات زیستی (P) در سه سطح ($P_1$=۰، $P_2$ =۳۵ و $P_3$ =۷۰ کیلوگرم در هکتار)**

میان سطوح کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌نحوی که غلظت فسفر در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۳/۰۴ درصد) در حدود ۲۱ درصد بیش‌تر از صفر کیلوگرم در هکتار (۲/۵۱ درصد) شد (جدول ۲). نتیجه مطالعه غلظت فسفر دانه مقایسه میانگین‌ها نشان داد یک که بین تلقیح میکوریزایی (۲/۷ درصد) و عدم تلقیح (۲/۳۸ درصد) تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به‌نحوی‌که غلظت فسفر دانه در تلقیح با میکوریزا حدود ۱۳ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲).

چادری و همکاران[1] (۲۰۰۷) با کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا گزارش کردند که میزان فسفر اندام هوایی درمنه[2] نسبت به شاهد افزایش یافته است. کابلو و همکاران[3] (۲۰۰۵) بر روی گیاه دارویی نعناع نیز در هماهنگی با تحقیق حاضر است. با این حال در تحقیقی که به‌منظور بررسی اثر ریزجاندارهای حل‌کننده فسفات بر روی رشد و نمو گیاه کلزا تحت شرایط مزرعه‌ای انجام گرفت، روشن شد جذب فسفر تحت تأثیر قرار نگرفت (دیفریتاس و همکاران[4]، ۱۹۹۷).

هم‌چنین بین سطح اول و سوم کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که غلظت فسفر دانه در اثر کاربرد ۲۰ تن در هکتار (۲/۸۵ درصد) در حدود شش درصد بیش‌تر از صفر تن در هکتار (۲/۶۷ درصد) شد (جدول ۲). کارتنی و مولن[5] (۲۰۰۸) اظهار داشتند استفاده از کود دامی باعث افزایش عناصر معدنی دانه می‌گردد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌ترین غلظت فسفر دانه (۲ درصد) مربوط به تیمار عدم تلقیح میکوریزا، کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی و ۲۰ تن کود دامی، بیش‌ترین غلظت فسفر دانه (۲/۶۷ درصد) مربوط به تلقیح با میکوریزا، مصرف ۷۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۲۰ تن کود دامی بود که به ترتیب در حدود ۲۱ درصد کم‌تر و ده درصد بیش‌تر از شاهد شیمیایی (۲/۴۳ درصد) شد (جدول ۳). در آزمایشی مشابه استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش جذب فسفر دانه گندم شد (المیری و مصطفی[6]، ۲۰۰۹).

1- Chaudhary *et al.*
2- Artemisia anuna
3- Cabello *et al.*
4- Defreitas *et al.*
5- Courtney and Mullen
6- Alamri and Mostafa

## نتیجه‌گیری

طبق نتایج حاصله در این پژوهش تلقیح میکوریزا بیشترین تأثیر را نسبت به کود فسفات زیستی و کود دامی روی عملکرد دانه و عملکرد زیستی و شاخص برداشت گشنیز داشت. درنهایت تیمار شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ۷۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۲۰ تن در هکتار کود دامی، بهترین شرایط را جهت دستیابی به بیشترین عملکرد کمی و شاخص برداشت و کاروتنوئید برگ در گیاه دارویی گشنیز را فراهم آورده است.

## منابع


۱. اکبری‌نیا، ا.، دانشیان، ج. و محمد بیگی، ف. ۱۳۸۵. اثر کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد بذر، اسانس و روغن گیاه گشنیز. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۴: ۴۱۰-۴۱۹.

۲. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه (جلد اول). نشریه شماره ۹۸۲. مؤسسه خاک و آب، ۱۲۸ ص.

۳. امیدبیگی، ر. ۱۳۷۶. رهیافت‌های تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد ۲، انتشارات طراحان نشر، ۴۲۴ ص.

۴. خلیلی، ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر قارچ میکوریزا AM و باکتری سودوموناس فلورسنس مقاوم به خشکی و مولد آنزیم ACC- دآمیناز بر شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه گندم در شرایط تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۵. رحمت‌زاده، س. و جلیل، خ. ۱۳۸۷. تأثیر پرتو UV-C بر روی رشد و برخی از فاکتورهای ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک در گیاهان گندم همزیست با سه گونه از قارچ‌های میکوریز. مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۱ (۱): ۵۲-۶۳.

۶. سفیدکن، ف. ۱۳۷۸. بررسی اسانس اندام‌های هوایی و میوه گشنیز. مجله تحقیقات گیاهان دارویی ومعطر ایران، ۱۳(۱۳): ۳۲-۳۸.

۷. شریفی عاشورآبادی، ا.، امین، غ. ر.، میرزا، م. و رضوانی، م. ۱۳۸۱. تأثیر سیستم‌های تغذیه گیاه (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) بر کیفیت گیاه دارویی رازیانه. مجله پژوهش و سازندگی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، (۵۷ و ۵۶):۹۰-۷۸.

۸. علی آبادی فراهانی، ح.، ارباب، ع. و عباس‌زاده، ب. ۱۳۸۷. تأثیر سوپر فسفات تریپل، تنش کم آبی و کود بیولوژیک *Glomus hoi* بر تعدادی از صفات کمی و کیفی گیاه دارویی (*Coriandrum sativum L.*). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۴، شماره ۱: ۱۸-۳۰ ص.

۹. محمودی، س.، پارسا مطلق، ب.، زهان، م. و نقی‌زاده، م. ۱۳۹۰. تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) در شرایط شوری. مجله بوم‌شناسی کشاورزی (۲و۳): ۲۳۳-۲۴۲.

1. Alamri, S.A., & Mostafa, Y.S. 2009. Effect of nitrogen supply and *Azospirillum brasilense* Sp-248 on the response of wheat to seawater irrigation, Advances in Environmental Research, 6: 391-399.

2. Allen, M., Moore, J.T.S., & Christensen, M. 1982. Phytohormone changes in Bouteloua gracilis infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae: II. Altered levels of gibberellin like substances and abcsisic acid in the host plant. Canadian Journal of Botany, 60: 468-471.

3. Annamalai, A., Lakshmi, P.T.V., Lalithakumari, D., & Murugesan, K. 2004. Optimization of biofertilizers on growth, biomass and seed yield of Phyllanthus amarus (Bhumyamalaki) in sandy loam soil. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Sciences, 26(4): 33-40.

4. Arnon, D.L. 1949. Copper enzymes insolated chloplasts. Phennoloxidase in (Beta vulgaris L). Plant Physiology, 24: 1-15.

5. Arriagada, C.A., Herrera, M.A & Ocampo, J.A. 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of Eucalyptus globules co-cultured with Glycine max in soil contaminated with heavy metals. Journal of Environmental Management, 84: 93-99.

6. Cabello, M.G., Irrazabal, A.M., Bucsinszky, M., Saparrat, A., & Schalamuk, S. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus, Glomus mosseae and a rockphosphate- solubilizing fungus, Penicillium thomii, on Mentha piperita growth in a soilless medium Journal of Basic Microbiology, 45(3): 182-189.

7. Carling, D.E., & Brown, M.F. 1982. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non mycorrhizal roots. Phytopathology, 72: 1108-1114.

8. Carrubba, A. 2009. Nitrogen fertilisation in coriander (Coriandrum sativum L.): A review and metaanalysis. Journal of the food and Agriculture, 89(6): 921-926.

9. Chaudhary, V., Kapoor, R., & Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in Artemisia annua L. Mycorrhiza, 17: 581-587.

10. Courtney, R.G., & Mullen, G.L. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technol, 99: 2913-2918.

11. Defreitas, J.R., Banerjee, M.R., & Germida, J.J. 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not the phosphorus uptake of canola. Biology and Fertility of Soils, 24: 358-364.

12. Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology, 28: 85-90.

13. Giri, B., Kapoor, R., & Mukerji, K.G. 2002. VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., and Singh, J. (eds). Techniques in Mycorrhizal Stueies Kluwer, Dordrecht, PP 313-327.

14. Gopta, M.L., Prasad, A., Ram, M., & Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasiculatum on the essential oil yield related characters and nutrient in the crop of different cultivars of menthol mint (Mentha arvensis) under field conditions. Bioresource Technology, 81: 77-79.

15. Gyaneshwar, P., Naresh Kumar, G., Parekh, L.J., & Poole, P.S. 2002. Role of soil microorganisms in improving pnutrition of plants. Plant and Soil, 245: 83-93.

16. Joshee, N., Mentreddy, S.R., & Yadav, K. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated Scutellaria integrifolia plants. Industrial Crops and Products, 25: 169-177.

17. Kapoor, R., Giri, B., & Mukerji, K.G. 2002. Mycorrization of coriander (coriandrum sativum) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Sciene of Food Agriculture, 82(4): 339-342.

18. Louche-Tessandier, D., Samson, G., Hernandez-Sebastia, C., Chagvar diff, P., & Desjardins, Y. 1999. Importantance of light and $CO_2$ on the effects of endomycorrizal colonization on growth and photosynthesis of potato plantlets (Solanum tuberosum) in an invitro tripartite system. New Phytol, 142: 239-550.

19. Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., & Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (Azotobacter and Rhizobium) on seed germination and development of Trigonella foenum-graecum L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany, 6: 394-403.

20. Selvaraj, T., & Chellappan, P. 2006. Arbuscular mycorrhizae: A diverse personality. Review Paper. Central European Agricultural Journal, 7: 349-358.

21. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriulture. Agrobios, India.

22. Singh, S., & Kapoor, K.K. 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesiculararbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter, yield, and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biology and Fertility of Soils, 28: 139-144.

23. Solaim, M.Z., & Hirata, H. 1995. Effect of indigenous arbucular mycorrhizal fungi in paddy fields on rice growth and N.P., Knutrition nunder different water regimes. Soil Science and Plant Nutriton, 41: 505-514.

24. Tahami, M.K. 2011. Study of biological fertilizer effects on yield and yield components and essential oil of Ocimum bacilicum. MSc Thesis in Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

25. Wright, D.P., Scholes, J.D., & Read, D.J. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis andbiomass production. Development and Production, Presov, 81-91.