درصد کلونیزاسیون ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ماریتیغال (*Silybum marianum*) متاثر از تلقیح مایکوریزا و کود فسفره

جواد حمزه‌ئی [1*]، فاطمه سلیمی [2]

تاریخ دریافت: 92/06/16 تاریخ پذیرش: 93/04/14

1- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

2- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*مسئول مکاتبه: j.hamzei@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش اثر متقابل فسفر و مایکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه (RCP)، شاخص کلروفیل، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ماریتیغال (*Silybum marianum*) در شرایط آب و هوایی همدان مطالعه شد. سه سطح مایکوریزا (شاهد، تلقیح با *گلوموس موسه* و تلقیح با *گلوموس اینترارادیسز*) به همراه سه سطح 60، 90 و 120 کیلوگرم کود فسفر در هکتار به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که صفات تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در متر مربع، وزن دانه، عملکرد دانه، RCP، شاخص کلروفیل، کارایی مصرف فسفر (PUE) و کارایی زراعی فسفر (PAE) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کود فسفر، مایکوریزا و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفتند. ولی، اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در کاپیتول معنی‌دار نشد. بیشترین و کمترین مقدار اجزای عملکرد (به استثنای وزن دانه) و عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* و 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و عدم تلقیح مشاهده شد. تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* در مقایسه با تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و عدم تلقیح، عملکرد دانه را 58 درصد افزایش داد. بیشترین مقدار RCP، PUE و PAE که به‌ترتیب معادل 68/3 درصد و 19/7 و 13/9 گرم دانه بر گرم کود مصرفی بود نیز به تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* تعلق گرفت. در حالیکه، با افزایش مصرف کود فسفر از 60 به 120 کیلوگرم بر هکتار، این صفات کاهش یافتند. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که گونه *گلوموس موسه* توانست ویژگی‌های رشدی، عملکرد ماریتیغال و کارایی مصرف فسفر را بهبود بخشیده، ولی مصرف کود فسفری را 50 درصد کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کارایی مصرف فسفر، کلروفیل، ماریتیغال، مایکوریزا

Root Colonization, Yield and Yield Components of milk thistle (*Silybum marianum*) Affected by Mycorhizal Fungi and Phosphorus Fertilizer

Javad Hamzei [1*], Fatemeh Salimi[2]

Received: September 7, 2013 Accepted: July 5, 2014
1-Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2-Former MSc Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran.
*Corresponding Author: j.hamzei@yahoo.com

Abstract

In this research the effects of phosphorus (P)×mycorrhiza interaction on root colonization percent (RCP), leaf chlorophyll index, yield components and grain yield of milk thistle (*Silybum marianum*) were studied. Three levels of mycorrhiza (control, inoculation with *Glomus mosseae* and inoculation with *Glomus intraradices*) with three levels of P (60, 90 and 120 P kg.ha^{-1}) were evaluated as a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications at Bu-Ali Sina University. The results indicated that traits of capitula number/plant, seed number/m^2, seed weight, grain yield, RCP, P use efficiency (PUE) and P agronomic efficiency (PAE) were affected significantly by P fertilizer, mycorrhiza and their interaction. But, the effect of experimental treatments on seed number/capitula was not significant. The highest and the lowest values for yield components (except seed weight) and grain yield were achieved at treatments of 60 P kg.ha^{-1} and inoculation with *G. mosseae* and 60 P kg.ha^{-1} and non-inoculation, respectively. In comparison with 60 P kg.ha^{-1} and non inoculation, treatment of 60 P kg.ha^{-1} and inoculation with *G. mosseae* increased grain yield up to 58%. The maximum values of RCP, PUE and PAE, in averaging 68.3% and 19.7 and 13.9 g seed/g fertilizer consumption, respectively, were revealed at 60 P kg.ha^{-1} and inoculation with *G. mosseae* treatment. Furthermore, with increasing of P fertilizer from 60 to 120 kg.ha^{-1}, these traits decreased. In general, our findings showed that *Glomus mosseae* species could improve growth properties, milk thistle yield and PUE while reduced P fertilizer consumption on the average of 50%.

Keywords: Chlorophyll, Grain Yield, Mycorrhiza, Phosphorus Use Efficiency, *Silybum marianum*

مقدمه

نتایج مطالعات بلندمدت نشان می‌دهد که کاربرد متوالی کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه اسیدی شدن، کاهش فعالیت‌های زیست‌شناختی، تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عدم وجود عناصر کم‌مصرف در کودهای شیمیایی می‌باشد (آددیران و همکاران 2004). از سویی، سازگان‌های (سسیستم‌های) کشاورزی پایدار، سازگان‌هایی هستند که برای حصول تولید در دراز مدت، به سازگاری محیطی، استفاده از نهاده‌های کم انرژی و مقادیر کمی مواد شیمیایی متکی هستند. برای سازگان‌های پایدار، بهره‌گیری از برهم‌کنش فرآیندهای اکولوژیک ضروری است (کوچکی و همکاران 1387). کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید فرآورده‌های زارعی با بکارگیری کودهای زیستی به‌عنوان جایگزین یا مکمل کودهای شیمیایی پر مصرف از جنبه‌های اکولوژیکی و اقتصادی مزیت‌هایی را به دنبال دارد. به‌طوری‌که، استفاده از کودهای زیستی در سال‌های اخیر نظر علاقمندان به کشاورزی پایدار را به خود جلب کرده است (حمزه‌ئی و سرمدی نایبی 1389).

فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر حیاتی گیاه است که به اشکال کانی و آلی در طبیعت وجود دارد. کمبود فسفر نه تنها به‌شدت در میزان رشد تأثیر دارد، بلکه بر روی تشکیل میوه، دانه و کیفیت آن بسیار مؤثر است (سینگ و همکاران 2003). از سویی، بخش زیادی از کود فسفر که به خاک داده می‌شود به سرعت تثبیت و از دسترس گیاه خارج می‌شود. همچنین، استفاده از کودهای شیمیایی فسفری به دلیل قیمت بالا و اثرات سوء زیست محیطی آن‌ها در حال کاهش است. از این رو، طی سال‌های اخیر بازبینی در بهره‌گیری کودهای فسفاتی و به کار بردن روش‌های نوین مانند استفاده از کودهای زیستی همواره مدنظر بوده است. یکی از کودهای زیستی موثر در افزایش توانایی گیاه در جذب فسفر و عناصر کانی از خاک به‌ویژه، از منابع غیر قابل دسترس آن‌ها، قارچ‌های مایکوریزا می‌باشند. مهم‌ترین و معتبرترین تأثیر رابطه همزیستی مایکوریزا، افزایش جذب عناصر کانی به‌ویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد (سادووا و وساتکا 2007). قارچ‌های مایکوریزا دارای آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و فسفاتاز قلیایی (کوجیما و همکاران 1998) بوده که نشان‌دهنده توانایی این قارچ‌ها در استفاده از منابع آلی فسفر می‌باشد. علاوه بر این، کاربرد کودهای زیستی تولید متابولیت‌های ثانویه مانند روغن‌های فرار، فلاونوئیدها و کومارین را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد (ال‌شربینی و همکاران 2007).

گیاهان دارویی که محصولات کیفی می‌باشند، گزینه مناسبی برای سیستم‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند و به‌نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، بیشینه رشد و عملکرد از آن‌ها حاصل گردد (گوپتا و همکاران 2002، هنداوی و همکاران 2013). به دلیل عدم امکان تولید مصنوعی برخی از مواد موثره طبیعی، عوارض جانبی نامطلوب مواد دارویی شیمیایی، لزوم استفاده از اسانس‌ها و مواد موثره طبیعی در سنتز سایر ترکیبات شیمیایی نظیر عطرها، صابون‌ها و خوشبوکننده‌ها، استفاده از گیاهان دارویی روند صعودی دارد (مارتینز و همکاران 2010). حضور گیاه میزبان نقش مهمی در تشکیل مایکوریزا و برقراری رابطه همزیستی دارد (تنویر و همکاران 2009). برخی از پژوهش‌های انجام شده بیانگر امکان ایجاد همزیستی گیاهان دارویی با مایکوریزا و به دنبال آن اثرات مثبت بر روی رشد و نمو و افزایش چشمگیر غلظت فسفر دانه و عملکرد محصول آن گیاه دارویی دارد (توسانت و همکاران 2007). از میان این گیاهان، گیاه دارویی ماریتیغال با خواص ویژه از جمله درمان بیماری‌های کبدی (سیروز کبدی و دیگر بیماریهای کبدی) و سرطان‌ها و داشتن خاصیت آنتی اکسیدانتی بالا مورد توجه قرار گرفته است (کریر و اتال 2002، پرادهان و گریش 2006، ساکر و مانا 2010). از این رو، هدف از اجرای این آزمایش، مقایسه میزان کلونیزاسیون ریشه گیاه دارویی ماریتیغال با دو گونه از قارچ مایکوریزا و

همچنین بررسی تأثیر مایکوریزا بر کاهش میزان مصرف کود فسفر، اجزای عملکرد، عملکرد دانه ماریتیغال و کارایی مصرف فسفر بود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش کنونی اثر کاربرد مایکوریزا در سه سطح (شاهد، تلقیح با *گلوموس موسه* و تلقیح با *گلوموس اینترارادیسز*) به همراه سه سطح 60، 90 و 120 کیلوگرم کود فسفر در هکتار بر درصد کلونیزاسیون ریشه، کارایی مصرف فسفر، رشد و عملکرد ماریتیغال ارزیابی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار در سال زراعی 1391 در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. محل اجرای آزمایش در 49 درجه و 27 دقیقه طول شرقی، 34 درجه و 35 دقیقه عرض شمالی و 1850 متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. در اوایل فروردین ماه 1391 ابتدا از خاک محل آزمایش نمونه برداری به‌عمل آمد و جهت تجزیه به آزمایشگاه انتقال یافت. نتایج تجزیه خاک، بافت آن را شنی‌رسی، میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک را به‌ترتیب 2/11 و 84/32 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، درصد نیتروژن کل و کربن آلی را به‌ترتیب 0/11 و 1/05 درصد، میزان هدایت الکتریکی و pH آن را نیز به‌ترتیب 0/276 دسی زیمنس بر متر و 7/21 نشان داد. بر همین اساس از هر یک از کودهای اوره و سولفات پتاسیم به‌ترتیب 266 و 100 کیلوگرم در هکتار استفاده شد. طبق توصیه کودی از کود سوپرفسفات تریپل نیز 120 کیلوگرم در هکتار در زراعت ماریتیغال لازم بود. ولی، در این پژوهش دو سطح کاهش یافته (سطوح 60 و 90 کیلوگرم فسفر در هکتار) از میزان کود فسفر مورد نیاز به همراه مقدار توصیه شده (120 کیلوگرم فسفر در هکتار) مورد بررسی قرار گرفت. در واقع، امکان کاهش مصرف کود شیمیایی فسفر توسط مایکوریزا در زراعت گیاه دارویی ماریتیغال یکی از اهداف این پژوهش بود.

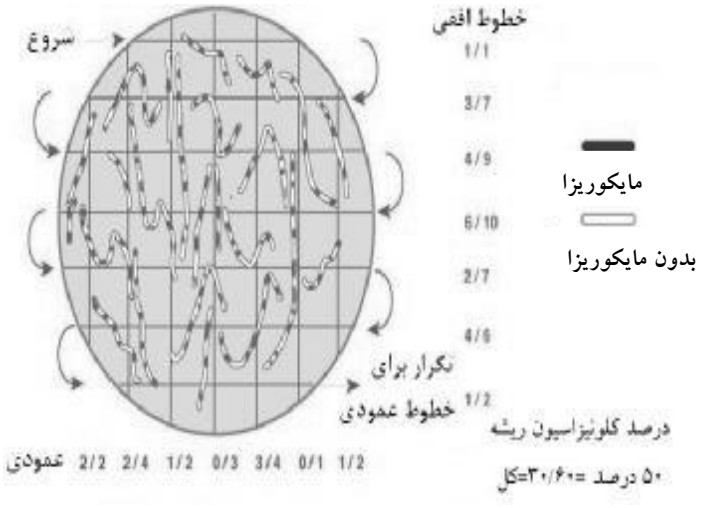
پس از آماده سازی زمین برای کاشت، کاربرد کودهای زیست‌شناختی و شیمیایی بر پایه تیمارهای مورد بررسی انجام شد. تمامی مقادیر مورد نظر از کود شیمیایی فسفری مطابق تیمارهای ذکر شده هنگام کاشت در کرت‌های مربوطه مصرف شد. گونه‌های مایکوریزای به کار رفته در این پژوهش از کلینیک گیاه-پزشکی ارگانیک اسدآباد تهیه شد. این قارچ‌ها به‌صورت خالص نبوده بلکه همراه خاک به بازار مصرف عرضه می‌شوند. در هر گرم خاک تعداد 120 اسپور برای هر دو گونه قارچ مایکوریزا وجود دارد. هنگام کاشت جهت اعمال تیمار مربوط به مایکوریزا، مقدار 3 گرم از خاک حاوی مایکوریزا به ازای هر بوته استفاده شد و بلافاصله پس از کاشت مزرعه آبیاری شد. بذر ماریتیغال از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. در هر کرت، پنج ردیف کشت به طول 4 متر و با فاصله ردیف‌های کاشت 50 سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته روی ردیف 25 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین بلوک‌ها نیز 150 سانتی متر بود. در طول فصل رشد مراقبت‌های لازم از جمله آبیاری و کنترل علف‌های هرز بر حسب نیاز انجام گرفت. پس از رسیدگی محصول، جهت تعیین تأثیر تیمارهای آزمایشی بر صفات تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در کاپیتول، تعداد دانه در متر مربع، وزن دانه و عملکرد دانه، با حذف اثر حاشیه مساحت باقی مانده برداشت شد. شاخص کلروفیل و درصد کلونیزاسیون ریشه نیز در مرحله گلدهی اندازه گیری شد.

کارایی مصرف فسفر (PUE)[1] و کارایی زراعی فسفر (PAE)[2] به‌ترتیب با استفاده از روابط $PUE=\frac{GY}{FA}$ و $PAE=\frac{GY_{fertilized}-GY_{control}}{FA}$ و بر حسب گرم دانه بر گرم کود فسفر مصرف شده محاسبه گردید (حسین 2009) که GY، FA، $GY_{fertilized}$ و $GY_{control}$ به‌ترتیب عملکرد دانه، مقدار کود فسفر مصرف شده، عملکرد دانه در تیمار کودی و عملکرد دانه در تیمار

[1] - Phosphorus Use Efficiency
[2] - Phosphorus Agronomic Efficiency

شاهد (عدم استفاده از کود فسفر و مایکوریزا) می‌باشد. قابل ذکر است که عملکرد دانه تیمار شاهد 34/92 گرم در متر مربع می‌باشد که به دلیل ماهیت ترکیبات تیماری مورد استفاده در این مقاله در بحث تجزیه واریانس وارد نشده است و فقط در محاسبه صفت PAE از آن استفاده شده است.

برای اندازه گیری شاخص کلروفیل برگ نیز از دستگاه کلروفیل‌متر (502- اسپاد) استفاده شد. برای این منظور پس از قرائت عدد اسپاد در برگ‌های 3 بوته مربوط به هر واحد آزمایشی، میانگین آن به‌عنوان شاخص کلروفیل برگ برای هر تیمار ثبت شد. جهت تعیین درصد همزیستی قارچ‌ها با ریشه ماریتیغال، نخست از بوته‌های موجود در هر کرت نمونه برداری به عمل آمد و با استفاده از روش فیلیپس و هایمن (1970) ریشه‌ها رنگ‌آمیزی شدند. برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه، از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد (شکل 1). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) صورت گرفت.



شکل 1- روش تلاقی خطوط مشبک بر اساس فیلیپس و هایمن (1970)

نتایج و بحث

با افزایش مصرف کود شیمیایی فسفری از 60 به 120 کیلوگرم در هکتار، تمامی صفات به استثنای کارایی مصرف فسفر و درصد کلونیزاسیون ریشه، افزایش یافت. گونه *گلوموس موسه* همراه با دزهای مختلف فسفر، در تمامی صفات مورد آزمون نتایج بهتری نسبت به گونه *گلوموس اینترارادیسز*، نشان داد.

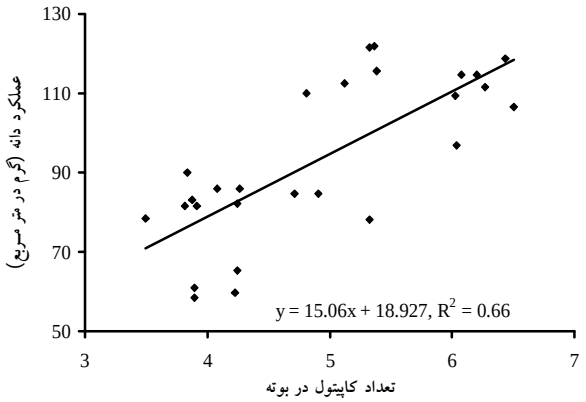
اجزای عملکرد (تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در کاپیتول، وزن دانه) و عملکرد دانه

در مورد صفات تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در متر مربع و عملکرد دانه، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی فسفر و مایکوریزا بر این ویژگی‌ها معنی‌دار است. اثر متقابل فسفر در مایکوریزا نیز وزن دانه را در سطح احتمال 5% و صفات تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در متر مربع و عملکرد دانه را در سطح احتمال 1% تحت تأثیر قرار داد. ولی، تأثیر تیمارهای آزمایشی به‌صورت تنها و توام بر تعداد دانه در کاپیتول معنی‌دار نبود (جدول 1). بنابراین، به‌نظر می‌رسد که تعداد دانه در کاپیتول یک صفت ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر فاکتورهای محیطی قرار می‌گیرد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد کاپیتول در بوته (6/22) مربوط به تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* بود. ولی، این تیمار با تیمارهای 120 کیلوگرم فسفر بر هکتار و بدون تلقیح و 90 کیلوگرم فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 2). کمترین تعداد کاپیتول در بوته (3/87) نیز در تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و بدون تلقیح مشاهده شد که با تیمارهای تلقیح با *گلوموس اینترارادیسز* در هر سه سطح فسفر، در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول 2). تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* در مقایسه با تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و بدون

تلقیح این ویژگی را 37/78 درصد افزایش داد. همچنین، تعداد کاپیتول در بوته به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد، رابطه رگرسیونی مستقیم و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان داد (شکل 2).

بیشترین میزان تعداد دانه در متر مربع (4451) مربوط به تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* بود و با تیمارهای 120 کیلوگرم فسفر بر هکتار و بدون تلقیح و 90 کیلوگرم فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد دانه در مترمربع (2159) نیز با 51/49 درصد کاهش نسبت به تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه*، در تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و بدون تلقیح مشاهده شد (جدول 2).



شکل2 – رابطه رگرسیونی بین تعداد کاپیتول در بوته و عملکرد دانه ماریتیغال

بیشترین میزان وزن دانه (30/77 میلی‌گرم) بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار 90 کیلوگرم فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه*، از تیمار 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* به‌دست آمد (شکل 3). کمترین مقدار وزن دانه (23/80 میلی‌گرم) نیز در تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و بدون تلقیح مشاهده شد. طبق نتایج، تعداد دانه در متر مربع در تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح *گلوموس موسه* بیشترین بود، در حالیکه وزن دانه با افزایش تعداد دانه در متر مربع در این تیمار نسبت به تیمار 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه*، 16/98 درصد کاهش یافت. با این وجود عملکرد تیمارهای مذکور تفاوت معنی‌داری نداشتند. در کل، وزن دانه با افزایش مصرف کود فسفر، افزایش یافت. همچنین، در این رابطه تأثیر گونه *گلوموس موسه* بر وزن دانه نسبت به *گلوموس اینترارادیسز*، مشهودتر بود (شکل 3).

در مورد عملکرد دانه نیز مقایسه میانگین‌ها نتایج مشابهی با نتایج تعداد کاپیتول در بوته نشان داد، به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه (118/29 گرم در متر مربع) از تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* به‌دست آمد. شایان ذکر است تیمار مذکور با تیمارهای 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و بدون تلقیح، 90 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* و 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 2). کمترین عملکرد دانه (49/59 گرم بر متر مربع) نیز به تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و بدون تلقیح تعلق گرفت که در مقایسه با تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه*، 58 درصد کاهش نشان داد.

شکل 3- اثر کود فسفر و مایکوریزا بر وزن دانه ماریتیغال

صفت وزن هزار دانه به‌طور مستقیم تحت تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده افشانی است. این

مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا بازگسیل مواد ذخیره شده تأمین شوند (احمدی و بحرانی 1388). از سویی، قوش و موحیدین (2000) گزارش کردند کاربرد کودهای زیست‌شناختی به‌طور معنی‌داری وزن هزار دانه و عملکرد دانه کنجد را افزایش داد. اکبری و همکاران (1388) بیان کردند میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی می‌توانند با افزایش طول دوره پرشدن دانه و مقدار مواد فتوسنتزی ذخیره شده، افزایش وزن دانه را توجیه کنند. بنابراین، افزایش میزان مواد غذایی قابل دسترس به‌وسیله کاربرد کودهای زیستی می‌تواند تا حد زیادی به افزایش وزن هزار دانه منجر شود. اثر مثبت تلقیح گیاهان توسط کودهای زیست‌شناختی فسفاتی و افزایش معنی‌دار عملکرد دانه توسط دفریتاس (2000)، درزی و همکاران (2006)، رجا و همکاران (2002) و حمزه‌ئی و همکاران (1392) نیز گزارش شده است.

جدول 1- تجزیه واریانس اثر فسفر و مایکوریزا بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه، شاخص کلروفیل (SPAD)، درصد کلونیزاسیون ریشه (RCP)، کارایی مصرف فسفر (PUE) و کارایی زراعی فسفر (PAE) در ماریتیغال

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد کاپیتول در بوته	تعداد دانه در کاپیتول	تعداد دانه در متر مربع	وزن دانه	عملکرد دانه	SPAD	RCP	PUE	PAE
تکرار	2	0/92*	11/88^{ns}	319952^{ns}	3/74*	305^{ns}	2/75^{ns}	33/80*	5/57^{ns}	0/55^{ns}
کود فسفر	2	1/15*	13/64^{ns}	517991*	25/48**	733**	39/34**	1051/37**	70/82**	15/77**
مایکوریزا	2	7/28**	49/03^{ns}	3283674**	23/08**	3057**	66/13**	3594/57**	59/54**	59/54**
کود فسفر در مایکوریزا	4	1/55**	5/52^{ns}	897654**	2/91*	1007**	24/33**	335/80**	26/95**	26/95**
خطا	16	0/21	72/50	125726	0/72	96	2/48	6/68	2/45	0/23
CV (%)		9/20	9/57	10/13	3/05	11	3/51	9/25	14/35	7/15

ns، *و**: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشد.

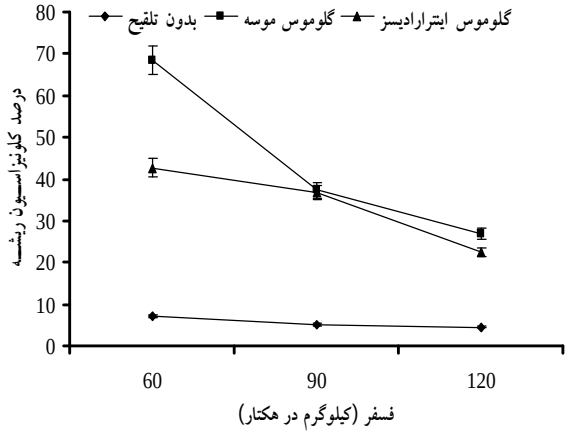
جدول 2- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری فسفر و مایکوریزا برای اجزای عملکرد و عملکرد دانه، شاخص کلروفیل برگ (SPAD)، درصد کلونیزاسیون ریشه (RCP)، کارایی مصرف فسفر (PUE) و کارایی زراعی فسفر (PAE) در ماریتیغال

مایکوریزا	کود فسفر ($kg.ha^{-1}$)	تعداد کاپیتول در بوته	تعداد دانه در متر ربع	عملکرد دانه ($g.m^{-2}$)	SPAD	RCP	PUE	PAE
بدون تلقیح	60	3/87e	2159e	49/59c	38/82e	7/20e	8/26c	2/44g
	90	4/69cd	3258cd	84/34b	40/07e	5/18e	9/37c	5/49de
	120	5/81ab	4039ab	109/28a	47/60ab	4/48e	9/11c	6/19cd
گلوموس موسه	60	6/22a	4451a	118/29a	49/52a	68/33a	19/72a	13/89a
	90	6/05ab	4342a	111/28a	46/23bcd	37/40c	12/36b	8/48b
	120	5/33bc	3688bc	112/36a	47/00abc	26/85d	9/36c	6/45c
گلوموس اینترارادیسز	60	4/26de	3193cd	83/96b	44/28cd	42/69b	13/99b	8/17b
	90	4/01de	2809d	81/17b	43/54d	36/74c	9/02c	5/14e
	120	4/08de	2924d	84/31b	47/23ab	22/50d	7/02c	4/11f

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% هستند.

درصد کلونیزاسیون ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها موید این است که این ویژگی در سطح احتمال 1% تحت تأثیر فسفر، مایکوریزا و اثر متقابل آن‌ها قرار می‌گیرد (جدول 1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه (68/33 درصد) مربوط به تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* بود. کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه نیز که معادل 4/48 درصد بود به تیمار 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و بدون تلقیح اختصاص یافت. شایان ذکر است که سطوح 60 و 90 کیلوگرم کود فسفر در حالت بدون تلقیح، با تیمار 120 کیلوگرم کود فسفر و بدون تلقیح از نظر این پارامتر تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول 2). با افزایش میزان کود فسفر از 60 به 120 کیلوگرم بر هکتار، درصد کلونیزاسیون ریشه ماریتیغال با هر دو گونه مایکوریزا کاهش یافت (شکل 4). همچنین، گونه *گلوموس موسه* درصد کلونیزاسیون ریشه بالاتری نسبت به شاهد (بدون تلقیح) و گونه *گلوموس اینترارادیسز* نشان داد. نتایج تحقیق مارولاندا و همکاران (2007) روی گیاه اسطوخودوس مایکوریزایی شده حاکی از آن بود که گونه‌های بومی مایکوریزا، کلونیزاسیون ریشه را افزایش دادند. در تلقیح گیاه دارویی علف لیمو با گونه‌ای از قارچ مایکوریزا، افزایش قابل توجه کلونیزاسیون ریشه مشاهده شده است (راتیو همکاران 2001). در همین خصوص مطالعه دیگری بر روی نعناع انجام گرفت که تلقیح گیاه نعناع با قارچ مایکوریزا به‌طور قابل ملاحظه‌ای درصد همزیستی ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، افزایش داده است (گوپتا و همکاران 2002). در پژوهش دیگری، عکس العمل چند گیاه دارویی (علف لیمو، پروانش و ریحان) به گونه *Glomus fasciculatum* مایکوریزا ارزیابی و مشخص گردید که بیشترین درصد همزیستی (85 درصد) را پروانش به خود اختصاص داد. علاوه براین، تولید ماده خشک کل، پروتئین و میزان کلروفیل در گیاهان مایکوریزایی نسبت به شاهد افزایش یافت (کارتیکیان و همکاران 2009).



شکل4- درصد کلونیزاسیون ریشه ماریتیغال در سطح کود فسفره و مایکوریزا

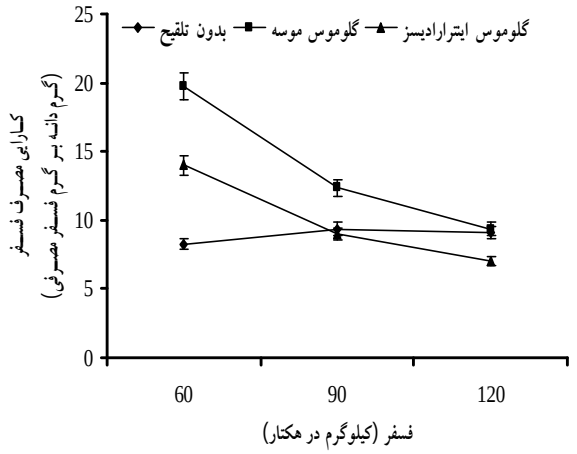
شاخص کلروفیل برگ

جدول 1 نشان می‌دهد که شاخص کلروفیل برگ در سطح احتمال 1% تحت تأثیر اثرات اصلی تیمارهای آزمایش و اثر متقابل کود فسفر در مایکوریزا قرار گرفته است. مقایسه میانگین‌ها نیز حاکی از این بود که بیشترین شاخص کلروفیل برگ (49/52) از تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* حاصل شد که با تیمارهای 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و بدون تلقیح، 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* و 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس اینترارادیسز* اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 2). کمترین شاخص کلروفیل برگ (38/82) نیز در تیمار 60 کیلوگرم فسفر بر هکتار و بدون تلقیح مشاهده گردید. گزارش شده است که مایکوریزا فتوسنتز گیاه را افزایش می‌دهد. بنابراین، نسبت ذخیره سازی و انتقال مواد در همان زمان افزایش پیدا می‌کند که احتمالا دلیل این امر افزایش غلظت کلروفیل در گیاهان مایکوریزایی است (ایوج

2001). در بالاترین سطح کود فسفر مصرفی عملا کارایی هر دو گونه مایکوریزا کاهش یافت و عملکردی مشابه با 120 کیلوگرم کود فسفر و بدون کاربرد مایکوریزا، نشان داد. این نتایج، با نتایج عبدل الفاتح و همکاران (2002) که گزارش نمودند با تلقیح گیاه باقلا با قارچ مایکوریزا، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش، ولی این اثرات سودمند با افزایش فسفر خاک کاهش پیدا کرد، هماهنگ است. همچنین، یافته‌های آرپانا و همکاران (2002) و بارکلو و کیت (2001) که اظهار نمودند کاربرد کودهای شیمیایی تأثیر منفی بر میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی می‌گذارد، تایید کننده نتایج این آزمایش است.

کارایی مصرف فسفر (PUE) و کارایی زراعی فسفر (PAE)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فسفر، مایکوریزا و اثر متقابل آن‌ها بر کارایی مصرف فسفر و کارایی زراعی فسفر اثر معنی‌داری در سطح احتمال 1% دارند (جدول 1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کارایی مصرف فسفر (19/72 گرم دانه بر گرم فسفر مصرفی) به تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* اختصاص یافت. کمترین کارایی مصرف فسفر نیز (7/02 گرم دانه بر گرم فسفر مصرفی) در تیمار 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس اینترارادیسز* مشاهده شد (جدول 2). کمترین و بیشترین میزان صفت PAE نیز که به‌ترتیب معادل 2/44 و 13/89 گرم دانه بر گرم فسفر مصرفی بود، به‌ترتیب به تیمارهای 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* و 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و بدون تلقیح تعلق گرفت، به‌طوری که تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس موسه* در مقایسه با تیمار 60 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و بدون تلقیح، میزان PUE و PAE را به‌ترتیب 58 و 82 درصد افزایش داد. عکس العمل گیاهان زراعی به فسفر اضافه شده متأثر از فاکتورهای خاکی از جمله اسیدیته، هدایت الکتریکی و میزان کربنات کلسیم می‌باشد. پایین بودن کارایی مصرف فسفر ممکن است تا اندازه‌ای مربوط به خاصیت قلیایی یا آهک طبیعی خاک باشد که منجر به تثبیت فسفر و غیر قابل استفاده شدن آن برای گیاه می گردد (حسین 2009). گونه *گلوموس موسه* کارایی مصرف فسفر بالاتری نسبت به شاهد و گونه *گلوموس اینترارادیسز* نشان داد. با افزایش مصرف کود فسفر، کارایی مصرف فسفر کاهش یافت (شکل 5). علاوه بر این، در محاسبه کارایی مصرف فسفر، میزان کود مصرفی در مخرج کسر قرار می‌گیرد و هرچه این مقدار بیشتر باشد، طبیعتا حاصل کسر کوچکتر می‌شود. در مورد کمترین کارایی مصرف فسفر (7/02 گرم دانه بر گرم فسفر مصرفی) در تیمار 120 کیلوگرم کود فسفر بر هکتار و تلقیح با *گلوموس اینترارادیسز* باید گفت که این تیمار به ازای کود مصرفی (120 کیلوگرم کود فسفر در هکتار)، عملکرد پایینی (84/31 گرم در متر مربع) تولید کرد و در نتیجه PUE پایینی را داشت.



شکل 5- اثر کود فسفر و مایکوریزا بر کارایی مصرف فسفر

نتیجه‌گیری

در کل مشخص گردید که گونه *گلوموس موسه* به همراه 50 درصد کود فسفری، بیشترین میزان کارایی مصرف فسفر، درصد کلونیزاسیون ریشه، کلروفیل، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ماریتیغال را به خود اختصاص داد. لذا، به‌نظر می‌رسد که می‌توان تیمار مذکور را با هدف کاهش هزینه تولید و نیز در راستای قدم گذاری در مسیر توسعه و ترویج نظام کشاورزی پایدار، در زراعت گیاه دارویی ماریتیغال که دانه آن از ارزش بسیار بالایی در علم پزشکی برخوردار است، استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

احمدی م و بحرانی م ج. 1388. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن دانه ارقام کنجد در منطقه بوشهر. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 13(48): 131-123.

اکبری پ، قلاوند ا و مدرس ثانوی ع م، 1388. تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه ای (آلی، شیمیایی و تلفیقی) و کود زیستی بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). دانش کشاورزی و تولید پایدار، سال نوزدهم، 1(1): 93-83.

درزی م ت، قلاوند ا، رجالی ف و سفیدکن ف. 1385. بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 22(4): 292-276.

حمزه‌ئی ج و سرمدی نایبی ح. 1389. تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی زراعی و جذب نیتروژن در ذرت. فن‌آوری تولیدات گیاهی، 10(2): 63-53.

حمزه‌ئی ج، نجاری س صادقی ف احمدوند گ و سلطانی ج، 1392. تأثیر کود زیستی حل کننده فسفات و کود شیمیایی فسفری روی واکنش صفات زراعی، اجزای عملکرد و عملکرد کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.). تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، 3(8): 147-137.

کوچکی ع، حسینی م و دزفولی الف، 1387. کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ ششم. صفحه 20.

Abdel-Fattah GM, Migaher FF and Ibrahim AH, 2002. Interactive effects of endomycorryhizal fungus *Glomus etunicatum* and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences, 5(8): 835-841.

Adediran JA, Taiwo B, Akande MO, Sobulo RA and Idowu OJ, 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition, 27(7): 1163-1181.

Arpana N, Kumar SD and Prasad TN, 2002. Effect of seed inoculation, fertility and irrigation on uptake of major nutrients and soil fertility status after harvest of late sown lentil. Journal of Applied Biology, 12(2): 23–26.

Augé RM, 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza, 11(1): 3-42.

Barraclough PB and Kate J, 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter readings in wheat. Journal of Plant Nutrition, pp. 722-23.

Burni T, Iftikhar S, Jabeen M and Zainab SB, 2009. Diversity of VA (vesicular-arbuscular) fungi in some weeds of cauliflower fields of Peshawar, Pakistan. Pakistan Journal of Plant Science, 15(1): 59-67.

Carrier DJ, Crowe T and Sokhansanj S, 2003. Milk thistle, *Silybum marianum* L. Gaertn, flower head development and associated marker compound profile. Journal of Herbs Spices Medicinal Plants, 10(1): 65-74.

Defreitas JR, 2000. Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum L*.) inoculated with rhizobacteria. Pedobiologia, 44(2): 97–104.

Shaker E, Mahmoud H and Mnaa S, 2010. Silymarin, the antioxidant component and *Silybum marianum* extracts prevent liver damage. Food and Chemical Toxicology, 48(3): 803–806.

El-Sherbeeny SE, Khalil MY and Hussein MS, 2007. Growth and productivity of rue (*Ruta graveolens L*.) under different foliar fertilizers application. Research Journal of Applied Science, 3(5): 399-407.

Ghosh DC and Mohiuddin M, 2000. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to biofertilizer and growth regulator. Agricultural Science, 20(2): 90-92.

Gupta ML, Prasad A, Ram M and Kumar S, 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasiculatum on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81(1): 77-79.

Hendawy SF, Hussein MS, Youssef AA, El-Mergawi RA, 2013. Response of *Silybum marianum* plant to irrigation intervals combined with fertilization. Bioscience, 5(1): 22-29.

Hussein AHA, 2009. Phosphorus use efficiency by two varieties of corn at different phosphorus fertilizer application rates. Research Journal of Applied Sciences, 4(2): 85-93.

Karthikeyan B, Joe MM and Jaleel CA, 2009. Response of some medicinal plants to vesicular arbuscular mycorrhizal inoculations. Journal of Science Research, 1(2): 381-386.

Kojima T, Hayatsu M and Saito M, 1998. Intraradical hyphae phosphatase of the arbuscular mycorrhizal fungus, Gigaspora margarita. Biology and Fertility of Soil, 26(4): 331-335.

Martins HM, Martins ML, Dias MI and Bernardo F, 2010. Evaluation of microbiological quality of medicinal plants used in natural infusions. International Journal of Food Microbiology, 58(1-2): 149-153.

Marulanda A, Porcel R, Barea JM and Azcón R, 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought sensitive Glomus species. Microbiology Ecology, 54(3): 543-552.

Phillips JM and Hayman DS, 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular- mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55(1): 157-160.

Pradhan SC and Girish C, 2006. Hepatoprotective herbal drug, silymarin from experimental pharmacology to clinical medicine. Indian Journal of Medical Research, 124(5): 491–504.

Raja AR, Shah KH, Aslam M and Memon MY, 2002. Response of phosphobacterial and mycorrhiza inoculation in wheat. Asian Journal of Plant Science, 1(4): 322-323.

Ratti N, Kumar S, Verma HN and Gautam SP, 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to Cymbopogon martinii var. Motia by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. Microbiology Research, 156(2): 145-149.

Singh D, Chand S, Anvar M and Patra D, 2003. Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. Journal of Medicinal Aromatic Plant Science, 25(2): 414-419.

Sudova R and Vosatka M, 2007. Differences in the effects of three arbuscular mycorrhizal fungal strains on P and Pb accumulation by maize plants. Plant and Soil, 296(1-2): 77-83.

Toussaint JP, Smith FA and Smith SE, 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza, 17(4): 291-297.