

## مقایسه‌ی اثر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی فسفره بر جذب فسفر و عملکرد گیاه زینتی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*)

علی محبوب خمایی<sup>۱\*</sup>، داود هاشم آبادی<sup>۲</sup>، عاطفه براری تاجانی<sup>۳</sup>، علیرضا فلاح<sup>۴</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸)

### چکیده

استفاده از کودهای زیستی، رویکرد جهانی برای کاهش آلودگی نهاده‌های شیمیایی جهت افزایش کمیت و کیفیت محصولات گیاهی در راستای کشاورزی پایدار است. در این تحقیق جهت مقایسه‌ی اثر کود بیولوژیکی و شیمیایی فسفره بر جذب فسفر و عملکرد گیاه زینتی همیشه‌بهار، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور: ۱- روش‌های مختلف کاربرد کود زیستی بارور در چهار سطح: M<sub>1</sub> (بدون استفاده از کود زیستی)، M<sub>2</sub> (کود زیستی بصورت بذرمال)، M<sub>3</sub> (کود زیستی بصورت ریشه‌مال)، M<sub>4</sub> (کود زیستی بصورت بذرمال + ریشه‌مال) و ۲- مقادیر فسفر شیمیایی به شکل سوپرفسفات‌تریپل در چهار سطح P<sub>1</sub> (صفر)، P<sub>2</sub> (۱۰۰)، P<sub>3</sub> (۲۰۰)، P<sub>4</sub> (۳۰۰ میلی در لیتر)، ۱۶ تیمار و ۳ تکرار و با ۵ گلدان در هر تیمار انجام شد. در این آزمایش صفاتی چون قطر گل، تعداد گل، ارتفاع نهایی بوته، تعداد برگ در بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک گل، فسفر کل اندام هوایی و فسفر کل بستر مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که از بین روش‌های کاربرد کود بیولوژیک فسفات، M<sub>4</sub> بر اکثر صفات مورد بررسی مانند ارتفاع نهایی بوته (۳۵/۵۳ سانتی‌متر)، قطر گل (۶۶/۵۸ میلی‌متر)، تعداد گل (۹/۱۵)، تعداد برگ در بوته (۶۴/۲۵)، وزن تر اندام هوایی (۲۹/۰۹ گرم) و فسفر اندام هوایی (۳/۴۵ درصد) مؤثر و کارا بوده و بطور معنی‌داری نسبت به شاهد موجب کاهش مصرف کود فسفره شده است. نظر به اینکه تیمار M<sub>4</sub>P<sub>3</sub> در اکثر صفات با تیمار M<sub>4</sub>P<sub>4</sub> اختلاف معنی‌داری نداشت، لذا با هدف کاهش مصرف کود فسفره شیمیایی کاربرد آن قابل توصیه است.

**واژه‌های کلیدی:** بذرمال، ریشه‌مال، سوپرفسفات‌تریپل، کود زیستی

۱- عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران (مکاتبه کننده)

۲- دانشیار گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت

۳- کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

\*پست الکترونیک: [mahboub48@yahoo.com](mailto:mahboub48@yahoo.com)

## مقدمه

گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، متعلق به خانواده آفتابگردان (Asteraceae) می‌باشد. خانواده آفتابگردان بزرگترین تیره گیاهی دولپه‌ای‌ها بشمار می‌رود (Ghasemi qahsareh & Kafi, 2001). منشأ این گیاه مدیترانه و غرب آسیا و اروپای مرکزی گزارش شده است. این گیاه در موقعیت‌های آفتابی آمریکای شمالی و اروپا به سادگی رشد می‌کند (Edward et al., 1999). این گیاه در ایران به خصوص در نواحی غربی به طور فراوان می‌روید (Samsam shariat & Motahar, 2003). فسفر یکی از عناصر اصلی و پرمصرف در گیاه است که مصرف کافی آن باعث افزایش کمی و کیفی محصول می‌شود (Hossein-Zadeh et al., 2007). استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریعترین راه برای جبران کمبود مواد غذایی و حاصلخیزی خاک لازم به نظر می‌رسد. ولی درصد بالایی از کود فسفره مصرفی با یون‌های آزاد خاک پیوند برقرار نموده و بصورت غیرمحلول و غیرقابل جذب در می‌آیند (Ahmadi Fard et al., 2010). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که افزایش مصرف کودهای فسفره در طی سال‌های اخیر نه تنها عملکرد محصولات زراعی را چندان افزایش نداده است، بلکه در نتیجه برهم‌زدن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد را نیز به دنبال داشته است (Sharma & Namdeo, 1999). در اغلب اراضی زراعی، تجمع فسفر موجب بروز مشکلاتی در جذب عناصر کم‌مصرف می‌شود. فسفر مشابه نیتروژن از عناصر اصلی و ضروری برای رشد و نمو گیاه بوده و نظر به پایین بودن بازده استفاده از کودهای فسفره شیمیایی (در حدود ۱۵-۲۰ درصد) به دلیل تثبیت آنها در خاک، استفاده از میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات در محیط ریزوسفر می‌تواند نقش مهمی در قابل استفاده کردن فسفر موجود در خاک داشته باشد. برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک استفاده از کودهای زیستی به عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه حل مطرح است. کودهای زیستی از باکتری‌ها و هم‌چنین قارچ‌های مفیدی تشکیل می‌شوند که هر یک به منظور خاصی تولید می‌گردند. مشخص شده که باکتری‌ها علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد بیشتر گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (Omidi et al., 2009). نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده که کاربرد کود

بیولوژیک فسفات‌ها بارور ۲ در بسترهای مختلف به عنوان مکمل کودی و حتی جایگزین کود شیمیایی در پرورش گیاه زینتی شعمدانی پیچ قابل توصیه می‌باشد (Abedini Abksar et al., 2015). توکلی دینانی و همکاران (Tavakoli Dinani et al., 2010) معتقدند که کودهای زیستی فسفات‌ها با فراهم کردن مقدار متناسبی از فسفر و تقویت حجم رویشی و سبزیگی گیاه به افزایش متابولیت‌های ثانویه که از تولیدات جانبی فتوسنتز هستند، کمک می‌کنند. بنابراین مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان تلقیح‌یافته با کودهای زیستی بالا می‌رود. محققین اثر کودهای بیولوژیک از توباکتو و آزوسپریلیوم و نیز باکتری‌های حل‌کننده فسفات را بر روی صفات رویشی مرزنجوش مثبت گزارش نمودند (Fatma et al., 2006). مطهری و همکاران (Motahari et al., 2011) گزارش دادند که کاربرد قارچ میکوریزی باعث افزایش ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک ریشه همیشه‌بهار شده که می‌تواند به علت توان قارچ میکوریزی در جذب فسفر باشد که با نتایج محققین در بکارگیری از سویه *Glomus fasciculatum* و کاربرد قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* در گیاه دارویی پونه مشابه است (Deepadevi et al., 2010; Khaosaad et al., 2006). نتایج آزمایش کوچکی و همکاران (Kocheki et al., 2011) نشان داد که اثر کود بیولوژیک فسفات‌ها بر تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک کلاله زعفران معنی‌دار بود. از اهداف این آزمایش بررسی امکان کاهش مصرف کود شیمیایی از طریق مصرف کود زیستی فسفات‌ها و تعیین مؤثرترین روش کاربرد آن بوده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور: ۱- روش‌های مختلف کاربرد کود زیستی فسفات‌ها بارور، در چهار سطح: M<sub>1</sub> (بدون استفاده از کود زیستی فسفات‌ها)، M<sub>2</sub> (کود زیستی فسفات‌ها بصورت بذرمال)، M<sub>3</sub> (کود زیستی فسفات‌ها بصورت ریشه‌مال)، M<sub>4</sub> (کود زیستی فسفات‌ها بصورت بذرمال + ریشه‌مال) و ۲- مقادیر فسفر شیمیایی به شکل سوپر فسفات‌تریپل در چهار سطح P<sub>1</sub> (صفر)، P<sub>2</sub> (۱۰۰)، P<sub>3</sub> (۲۰۰)، P<sub>4</sub> (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار و با ۵ گلدان (گلدان ۴ لیتری) در هر تیمار در گلخانه شیشه‌ای بدون گرمایش انجام شد. جهت ایجاد تیمارهای بذرمال، ۱۰۰ گرم کود زیستی

۲۵ روز آغاز شد و پس از رسیدن نشاهای دو برگی به ارتفاع حدود ۱۰ سانتیمتر برای انتقال آماده شدند. در این مرحله مایع تلقیح جدید آماده شده و تیمارهای ریشه‌مال و تیمارهای بذرمال + ریشه‌مال نیز با فرو بردن ریشه نشاها در سطل حاوی کود صاف شده به مدت ۵ دقیقه تلقیح شده و مطابق با نقشه آزمایش در گلدان‌های حاوی خاک زراعی کشت شدند. خاک زراعی با مشخصات فیزیکی و شیمیایی قید شده در جدول (۱) مورد استفاده قرار گرفت.

فسفات‌ها بارور ۲ را به ۲ لیتر آب افزوده و کاملاً هم زده، سپس با استفاده از پارچه‌ای نازک مواد معلق آن گرفته شده و محلول صاف گردید. تعدادی بذر گل همیشه‌بهار روی پلاستیک پهن شد و محلول کود زیستی فسفات‌ها با آبفشان روی بذرها اسپری شد. سپس بذرها تلقیح شده به همراه سایر بذرها تلقیح نشده در خزانه بصورت ردیفی و در عمق ۱ سانتیمتری کاشته شدند، پس از کاشت بذرها در خزانه و مراقبت روزانه، شروع جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه بعد از

جدول ۱ - مشخصات فیزیکی و شیمیایی بستر کشت مورد استفاده در کشت نشاء

Table 1 - Physico-chemical characteristics of used substrate in the cultivation of seedlings

کلاس بافت خاک	نیترژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (mg kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل جذب Available Potassium (mg kg <sup>-1</sup> )	درصد کربن آلی Percentage of organic carbon (%)	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS m <sup>-1</sup> )
لوم شنی Sandy loem	0.76	10	156	2.8	7.6	1.1

ECe: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک

EC<sub>e</sub>: Electrical Conductivity of soil saturation extract

دستمال کاغذی، وزن تر و خشک آن نیز همانند اندام هوایی تعیین شد.

در گیاه نیز اندازه‌گیری نیترژن کل با دستگاه کجل تک، اندازه‌گیری فسفر با روش مورفی و ریلی و به وسیله اسپکتروفتومتر مدل Apel-PD-303UV و پتاسیم بوسیله دستگاه فلیم فتومتر انجام شد (Akefe, 1996). نیترژن کل موجود در بستر به روش کج‌لدال (Bremmer & Mulvaney, 1982)، فسفر به روش سلطان پور و همکاران از طریق عصاره‌گیری با AB-DTPA و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Apel اندازه‌گیری گردید (Soltanpour & Schwab, 1997)، پتاسیم قابل تبادل از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک مولار با pH = ۷، کربن آلی به روش والکللی و بلک (Allison, 1965)، pH و EC بسترهای کشت در عصاره اشباع بوسیله دستگاه pH متر مدل Elmetron و EC توسط دستگاه Jenway اندازه‌گیری شدند. داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین تیمارها به کمک روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نمودارها نیز به کمک نرم‌افزار Excell ترسیم گردیدند.

### نتایج و بحث

ارتفاع نهایی بوته: با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ و معنی‌دار شدن اثر متقابل روش کاربرد و مقدار کود بر

برای تیمار کود شیمیایی از کود سوپرفسفات‌تریپل بصورت محلول در آب استفاده شد. تغذیه گیاه با کود سوپرفسفات‌تریپل در دو مرحله پس از کاشت نشاء صورت گرفت. اولین مرحله کوددهی ۱۵ روز پس از کاشت نشاء و دومین مرحله ۱۵ روز پس از کوددهی اول انجام شد. در هر مرحله برای تیمارهای مربوط به صفر میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی هیچ کودی استفاده نشد، در هر مرحله برای تیمارهای مربوط به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی ۰/۴۲ گرم کود، برای تیمار مربوط به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی ۰/۸۴ گرم، برای تیمارهای مربوط به ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی ۱/۲۶ گرم کود به نشاءها داده شد. فاکتورهای رشد از جمله ارتفاع گیاه از سطح گلدان تا انتهای ترین غلاف برگ توسط خط‌کش و قطر گل با کولیس دیجیتالی، زمانی که گل به مرحله تمام‌گل رسیده بودند (تمامی گلبرگ‌ها باز شده بودند) اندازه‌گیری شد. میانگین تعداد گل در هر گلدان و میانگین تعداد برگ در هر بوته اندازه‌گیری شد، در انتهای دوره رشد پس از بریدن گیاه از سطح خاک، وزن تر اندام هوایی و پس از قرار دادن آن در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک آن تعیین شد (Khomami & Mammdiv, 2016). پس از خارج کردن ریشه از بستر و شستن و خشک کردن آن با

شد که بیشترین قطر گل در تیمار بذرمال + ریشه‌مال کود بیولوژیک فسفات به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر خالص بدست می‌آید (Hashemabadi *et al.*, 2012).

**تعداد گل:** نتایج تجزیه واریانس از جدول ۲ نشان داد که اثر متقابل روش‌های مختلف استفاده از کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر تعداد گل در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل روش مختلف مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر تعداد گل (جدول ۳) نشان داد که در سطح احتمال ۵ درصد بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشته و بیشترین تعداد گل در مقایسه با شاهد در تیمار  $M_3P_3$  (تعداد گل ۱۰/۲۰)،  $M_3P_4$  (تعداد گل ۱۱/۷۶) و تیمار  $M_4P_4$  (تعداد گل ۱۲/۸۳) بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. به نظر می‌رسد که افزایش جذب فسفر در گیاه که ناشی از روش‌های کاربرد کود بیولوژیک فسفات بوده، اثر مثبتی در تولید گل داشته است. مطهری و همکاران (Motahari *et al.*, 2011) بیشترین تعداد گل در همیشه‌بهار را در تیمار ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار ازت و تلقیح با کود فسفات بدست آوردند. اثر افزایشی فسفر بر تعداد گل با نتایج خلوتی و همکاران (Khalvati *et al.*, 2005) مطابقت داشت.

**تعداد برگ در بوته:** نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل روش‌های مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین داده‌های تعداد برگ در بوته (جدول ۳) نشان می‌دهد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشته و بیشترین تعداد برگ در مقایسه با شاهد در تیمارهای  $M_3P_4$  (۷۲/۲۶ عدد)،  $M_4P_3$  (۷۲/۵۱ عدد) و  $M_4P_4$  (۷۸/۷۳ عدد) بوده و بین این تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج تحقیقات یوسفی و همکاران (Yousefi *et al.*, 2010) بر روی ذرت دانه‌ای نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک فسفات موجب افزایش تعداد برگ در ذرت می‌شود. این مسئله می‌تواند بدلیل کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجود در کود بیولوژیک باشد که باعث افزایش جذب عناصر غذایی و مخصوصا فسفر می‌شود. نتایج آزمایش فای کرین و همکاران (Fikretin *et al.*, 2004) نشان داد که تأثیر تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده‌های نیتروژن

ارتفاع نهایی، مقایسه میانگین ارتفاع نهایی (جدول ۳) نشان داده که تیمار  $M_4P_4$  (۴۵/۴۶ سانتیمتر) نسبت به سایر تیمارها برتری دارد. دلیل این امر می‌تواند افزایش جذب فسفر تحت تأثیر کود فسفات زیستی و تأثیر آن بر روی بهبود میزان فتوسنتز و رشد گیاه باشد که موجب افزایش ارتفاع شده است. چنانکه کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2001) نیز افزایش طول ساقه در نخود را در نتیجه تلقیح بذر نخود با ریزوبیوم و سودوموناس فلورسنس مشاهده کردند. تحقیقات راتی و همکاران (Ratti *et al.*, 2001) نشان داد که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات ارتفاع بوته علف لیمو (*Cymbopogon martinii*) را در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری افزایش می‌دهد. درزی و همکاران (Darzi *et al.*, 2008) افزایش ارتفاع بوته رازیانه را با کاربرد کود زیستی فسفات گزارش کردند. تحقیقات سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2008) بر روی گل همیشه‌بهار نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و باکتری‌های حل‌کننده فسفات + ۷۵ کیلوگرم کود ازته بدست می‌آید. پوریوسف و همکاران (Pooruosef *et al.*, 2010) طی بررسی اثر تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک بر گیاه اسفرزه مشاهده کردند که ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود زیستی فسفات قرار می‌گیرد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های فوق مطابقت دارد.

**قطر گل:** نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثرات ساده و اثر متقابل روش کاربرد و مقدار کود بیولوژیک فسفات بر قطر گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین قطر گل از جدول ۳ نشان داده که تیمار  $M_1P_1$  (۳۴/۶۱ میلی‌متر) کمترین قطر گل و تیمار  $M_3P_4$  (۸۲/۲۳ میلی‌متر) و تیمار  $M_2P_4$  (۸۲/۰۴ میلی‌متر) بیشترین قطر گل را در مقایسه با سایر تیمارها داشته و بین آنها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه با اثر مثبت فسفر بر مراحل زایشی گیاه از جمله تولید گل، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش جذب فسفر موجب افزایش قطر گل شده است. مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2010) در طی بررسی کارایی کود زیستی فسفات و فسفر شیمیایی در زراعت آفتابگردان، بیشترین قطر طبق گل را در تیمار فسفر زیستی به همراه ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم بدست آوردند. در طی تحقیقی با کاربرد کود زیستی فسفات و مقادیر مختلف فسفر در گیاه گل جعفری مشاهده

اثر متقابل روش‌های مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار نمی‌باشد. ایلباس و ساهین (Ilbas & Sahin, 2005) گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار موجب افزایش وزن خشک ریشه و ساقه سویا می‌شود. کومار و همکاران (Kumar et al., 2001) بیان کردند که تلقیح بذر نخود با باکتری *سودوموناس فلورسنس* و ریزوبیوم موجب افزایش وزن خشک گیاه می‌شود.

**فسفر کل اندام هوایی:** نتیجه تجزیه واریانس تیمارها (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر متقابل روش‌های مختلف استفاده از کود زیستی فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر فسفر کل اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین داده‌های فسفر کل اندام هوایی نشان داد کلیه روش‌های کاربرد کود بیولوژیک فسفات ( $M_4$ ,  $M_3$ ,  $M_2$ ) در اکثر مقادیر، فسفر  $P_3$  و  $P_4$  مقدار فسفر کل اندام هوایی را بطور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داده است و بترتیب تیمارهای  $M_2P_3$  (۳/۶۲ گرم) و  $M_2P_4$  (۳/۷۱ گرم) بیشترین فسفر کل اندام هوایی را داشته‌اند (جدول ۳). کک مک و همکاران (Cakmack et al., 2007) در آزمایش گلخانه‌ای بر روی گیاه جو نتیجه گرفتند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب افزایش جذب فسفر در گیاهان تلقیح شده می‌شوند. خلج و همکاران (Khalaj et al., 2009) گزارش دادند که بیشترین جذب فسفر در گل مریم با کاربرد کودهای زیستی فسفات به دو روش بذرمال و سرک به همراه کود شیمیایی بدست می‌آید. گیانشوار و همکاران (Gyaneshwar et al., 2002) طی تحقیقی بر روی گل جعفری (*Tagetes erecta* L.) به این نتیجه رسیدند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق افزایش اسیدیته خاک در محدوده ریشه فسفر قابل‌استفاده در خاک را افزایش می‌دهند. وو و همکاران (Wu et al., 2005) در آزمایشی بر روی ذرت (*Zea mays* L.) نشان دادند که مصرف کودهای بیولوژیک علاوه بر بهبود وضعیت غذایی گیاه موجب بهبود خصوصیات خاک هم می‌شوند. تورام و همکاران (Turom et al., 2007) گزارش کردند که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات به همراه کود شیمیایی فسفات موجب افزایش جذب فسفر در گوجه فرنگی می‌شود.

**پتاسیم اندام هوایی:** تجزیه واریانس حاصل از تیمارها نشان می‌دهد که اثر روش‌های مختلف استفاده از کود

بر روی جو و چغندر قند موجب افزایش برگ و ریشه می‌شود. نتایج تحقیقات رحیم‌زاده ابیازنی و همکاران (Rahimzadeh Abyazny et al., 2006) نشان داد که کود بیولوژیک فسفات تعداد برگ و تعداد پنجه را در سورگوم رقم جامبو افزایش می‌دهد.

**وزن تر اندام هوایی:** نتایج تجزیه واریانس تیمارها نشان داده که اثر متقابل روش‌های مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر نیز نشان می‌دهد که در مقایسه با شاهد بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار  $M_4P_1$  (۳۳/۵۵ گرم)، تیمار  $M_4P_2$  (۲۷/۹۳ گرم) و تیمار  $M_4P_2$  (۳۰/۷ گرم) بدست آمده است (جدول ۳). افزایش رشد می‌تواند حاصل افزایش مواد غذایی در دسترس گیاه تحت تأثیر کود بیولوژیک باشد. نتایج تحقیقات دهقانی مشکانی و همکاران (Dehgani Meshkani et al., 2011) بر روی بابونه شیرازی، نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک موجب افزایش وزن تر اندام هوایی می‌شود. تحقیقات ابوالیزید و همکاران (Abou El-yazeid et al., 2007) بر روی کدو نشان داد که کاربرد کودهای زیستی فسفات موجب افزایش وزن تر گیاه شده است.

**وزن خشک اندام هوایی:** تجزیه واریانس تیمارها نشان می‌دهد که اثر روش مصرف کود بیولوژیک فسفات و اثر مقادیر فسفر بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌های روش‌های مختلف استفاده از کود بیولوژیک فسفات بر وزن خشک اندام هوایی نشان می‌دهد که به ترتیب تیمار  $M_3$  (۳/۱۱ گرم) و تیمار  $M_4$  (۳/۷۲ گرم) بیشترین وزن خشک اندام هوایی را ایجاد کرده‌اند که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشته ولی بین تیمار  $M_2$  (۲/۴۱ گرم) و شاهد (۱/۹۱ گرم) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف فسفر بر وزن خشک اندام هوایی نشان داده که بترتیب تیمار  $P_3$  (۳/۰۶ گرم) و  $P_4$  تیمار (۳/۵۸ گرم) بیشترین وزن خشک را داشتند که با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داده، ولی بین تیمار  $P_2$  (۲/۴۷ گرم) و تیمار شاهد (۲/۰۳ گرم) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش، روش‌های کاربرد کود بیولوژیک فسفات M<sub>4</sub> بر اکثر صفات مورد بررسی مانند ارتفاع نهایی بوته (۳۵/۵۳)، قطر گل (۶۶/۵۸ سانتیمتر)، تعداد گل (۹/۱۵)، تعداد برگ در بوته (۶۴/۲۵)، وزن تر اندام هوایی (۲۹/۰۹ گرم) و فسفر اندام هوایی (۳/۴۵ درصد) مؤثر و کارا بوده و بطور معنی‌داری نسبت به شاهد موجب کاهش مصرف کود فسفره شده و تیمار M<sub>4</sub>P<sub>3</sub> که در اکثر صفات با تیمار M<sub>4</sub>P<sub>4</sub> اختلاف معنی‌داری نداشتند با هدف کاهش مصرف کود فسفره شیمیایی قابل توصیه می‌باشند. در این آزمایش نوع روش مصرف کود بیولوژیک فسفات در کنار فسفر شیمیایی نشان داد که مصرف کود بیولوژیک فسفات بصورت بذرمال + آغشتن به ریشه به همراه ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی عملکرد مناسبی را در گیاه همیشه‌بهار ایجاد می‌کند.

زیستی فسفات بر مقدار پتاسیم اندام هوایی و اثر مقادیر مختلف فسفر شیمیایی بر مقدار پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده، ولی اثر متقابل آنها بر مقدار پتاسیم اندام هوایی معنی‌دار نشد (جدول ۲). بر این اساس مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف کاربرد کود زیستی فسفات نشان می‌دهد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشته و تیمار M<sub>3</sub> (۰/۹۷ درصد) و M<sub>4</sub> (۰/۸۶ درصد) بیشترین مقدار پتاسیم اندام هوایی را داشته‌اند (شکل ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود شیمیایی فسفره بر پتاسیم اندام هوایی نشان داد که تیمار P<sub>3</sub> (۰/۸۱ درصد) و P<sub>4</sub> (۰/۸۲ درصد) بیشترین مقدار پتاسیم اندام هوایی را داشته‌اند (شکل ۴). هان و همکاران (Han et al., 2006) بیان کردند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش جذب عناصر غذایی همچون N-P-K در دو گیاه فلفل و خیار شده‌اند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه و بستر کشت  
Table 2- Analysis of variance of traits in plants and substrates

میانگین مربعات (Mean Square)									منابع تغییرات
پتاسیم اندام هوایی Potassium of shoots	فسفر کل اندام هوایی Total phosphorus of shoot	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of shoot	وزن تر اندام هوایی Fresh weight of shoot	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد گل Number of flowers	قطر گل Diameter of flowers	ارتفاع نهایی Final height	درجه آزادی Degree of freedom	Source of variation
0.031 **	0.023 *	7.558 *	656.565 **	1539.407 **	7.304 **	488.17 **	579.982 *	3	روش مصرف کود Method of application
0.012 **	0.16 **	5.497 *	35.63 *	2041.376 *	56.223 *	1279.951 **	278.606 *	3	مقدار فسفر Phosphorus amounts
0.002 ns	0.055 **	0.766 ns	37.19 *	61.546 *	4.272 *	111.337 **	32.325 *	9	مقدار فسفر × روش مصرف کود M × P
0.001	0.007	0.517	8.029	29.864	1.498	19.433	10.395	30	خطا Error
7.8	4.7	41	40	30	27	19	28		ضریب تغییرات CV

\*\* , \* و ns به ترتیب در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار و غیرمعنی‌دار هستند.

\*\* , \* and ns are significant at 1% and 5%, and non-significant, respectively.

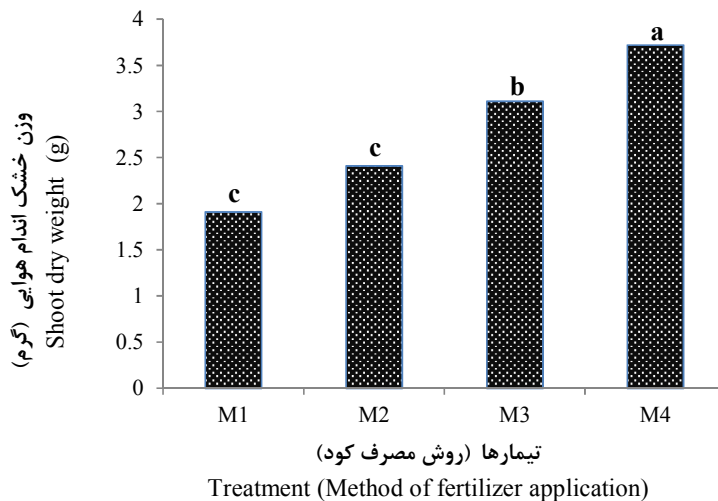
جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در گیاه  
Table 3 - Mean comparison of measured characteristics in plants

فسفر کل اندام هوایی (%)	قطر گل (میلی‌متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	تعداد برگ در بوته	تعداد گل	ارتفاع نهایی (سانتیمتر)	تیمار
Total phosphorus of shoot (%)	Diameter of flowers (mm)	Fresh weight of shoot (g)	Number of leaves per plant	Number of flowers	Final height (cm)	Treatment
3.26 <sup>b</sup>	34.61 <sup>c</sup>	11.62 <sup>d</sup>	26.83 <sup>d</sup>	4.41 <sup>b</sup>	18.33 <sup>c</sup>	M1
3.48 <sup>a</sup>	61.13 <sup>b</sup>	12.57 <sup>c</sup>	50.86 <sup>c</sup>	9.57 <sup>a</sup>	25.15 <sup>b</sup>	M2
3.43 <sup>a</sup>	69.48 <sup>a</sup>	18.13 <sup>b</sup>	56.63 <sup>b</sup>	8.62 <sup>ab</sup>	34.51 <sup>a</sup>	M3
3.45 <sup>a</sup>	66.58 <sup>a</sup>	29.09 <sup>a</sup>	64.25 <sup>a</sup>	9.15 <sup>a</sup>	35.53 <sup>a</sup>	M4
3.26 <sup>c</sup>	34.61 <sup>d</sup>	11.62 <sup>c</sup>	26.83 <sup>d</sup>	4.41 <sup>d</sup>	18.33 <sup>d</sup>	P1
3.38 <sup>b</sup>	60.08 <sup>c</sup>	16.19 <sup>b</sup>	49.41 <sup>c</sup>	8.31 <sup>c</sup>	28.03 <sup>c</sup>	P2
3.50 <sup>a</sup>	65.55 <sup>b</sup>	19.53 <sup>a</sup>	59.47 <sup>b</sup>	9.61 <sup>b</sup>	31.44 <sup>b</sup>	P3
3.55 <sup>a</sup>	75.73 <sup>a</sup>	20.09 <sup>a</sup>	65.01 <sup>a</sup>	11.15 <sup>a</sup>	34.17 <sup>a</sup>	P4
3.26 <sup>e</sup>	34.61 <sup>g</sup>	11.62 <sup>ef</sup>	26.83 <sup>i</sup>	4.41 <sup>g</sup>	18.33 <sup>h</sup>	M1P1
3.29 <sup>e</sup>	59.07 <sup>de</sup>	12.37 <sup>ef</sup>	33.21 <sup>hi</sup>	9.06 <sup>bd</sup>	19.41 <sup>gh</sup>	M1P2
3.33 <sup>de</sup>	62.68 <sup>cd</sup>	16.18 <sup>def</sup>	43.41 <sup>g</sup>	8.76 <sup>cd</sup>	23.41 <sup>fgh</sup>	M1P3
3.61 <sup>ab</sup>	63.48 <sup>cd</sup>	17.51 <sup>de</sup>	46.31 <sup>fg</sup>	8.83 <sup>cd</sup>	24.61 <sup>efg</sup>	M1P4
3.24 <sup>e</sup>	50.03 <sup>f</sup>	12.61 <sup>ef</sup>	29.83 <sup>i</sup>	7.63 <sup>def</sup>	19.71 <sup>gh</sup>	M2P1
3.34 <sup>de</sup>	52.43 <sup>ef</sup>	11.04 <sup>f</sup>	53.56 <sup>def</sup>	9.26 <sup>bd</sup>	23.01 <sup>fgh</sup>	M2P2
3.62 <sup>ab</sup>	61.03 <sup>de</sup>	12.71 <sup>ef</sup>	57.33 <sup>ce</sup>	10.21 <sup>abc</sup>	29.56 <sup>def</sup>	M2P3
3.71 <sup>a</sup>	82.04 <sup>a</sup>	15.97 <sup>def</sup>	62.73 <sup>bd</sup>	11.21 <sup>ab</sup>	28.36 <sup>def</sup>	M2P4
3.30 <sup>de</sup>	59.51 <sup>de</sup>	13.86 <sup>def</sup>	41.81 <sup>gh</sup>	6.03 <sup>fg</sup>	25.73 <sup>def</sup>	M3P1
3.37 <sup>cde</sup>	64.39 <sup>cd</sup>	13.44 <sup>def</sup>	47.81 <sup>efg</sup>	6.51 <sup>efg</sup>	38.61 <sup>b</sup>	M3P2
3.45 <sup>cd</sup>	71.83 <sup>bc</sup>	18.53 <sup>d</sup>	64.66 <sup>bc</sup>	10.20 <sup>abc</sup>	35.46 <sup>bc</sup>	M3P3
3.60 <sup>ab</sup>	82.23 <sup>a</sup>	24.71 <sup>c</sup>	72.26 <sup>ab</sup>	11.76 <sup>a</sup>	38.26 <sup>b</sup>	M3P4
3.38 <sup>cde</sup>	60.03 <sup>de</sup>	33.55 <sup>a</sup>	42.73 <sup>gh</sup>	6.11 <sup>fg</sup>	28.21 <sup>def</sup>	M4P1
3.51 <sup>bc</sup>	64.44 <sup>cd</sup>	27.93 <sup>bc</sup>	63.06 <sup>bd</sup>	8.43 <sup>cde</sup>	31.13 <sup>cd</sup>	M4P2
3.60 <sup>ab</sup>	66.65 <sup>bcd</sup>	30.71 <sup>ab</sup>	72.51 <sup>ab</sup>	9.26 <sup>bcd</sup>	37.33 <sup>b</sup>	M4P3
3.29 <sup>e</sup>	75.18 <sup>ab</sup>	24.21 <sup>c</sup>	78.73 <sup>a</sup>	12.83 <sup>a</sup>	45.46 <sup>a</sup>	M4P4

۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P4, ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P3, ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P2, صفر میلی‌گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P1, بذرمال + ریشه‌مال: M4, ریشه‌مال: M3, بذرمال: M2 و شاهد: M1 میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد هستند.

M1: control, M2: rubbing to seed, M3: rubbing to roots, M4: rubbing to seeds+rubbing to root, P1: zero milligrams per liter of chemical phosphorus, P2: 100 milligrams per liter of chemical phosphorus, P3: 200 milligrams per liter of chemical phosphorus, P4: 300 milligrams per liter of chemical phosphorus. Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .



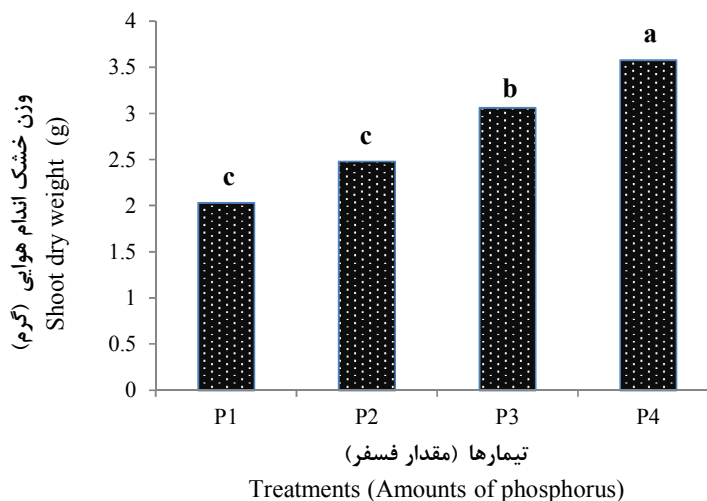


شکل ۱ - اثر روش‌های مختلف استفاده از کود بیولوژیک فسفات‌ها بر وزن ماده خشک اندام هوایی همیشه‌بهار

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد هستند.

Figure 1 - Effect of different application methods of biological phosphorous on shoot dry weight of calendula

Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

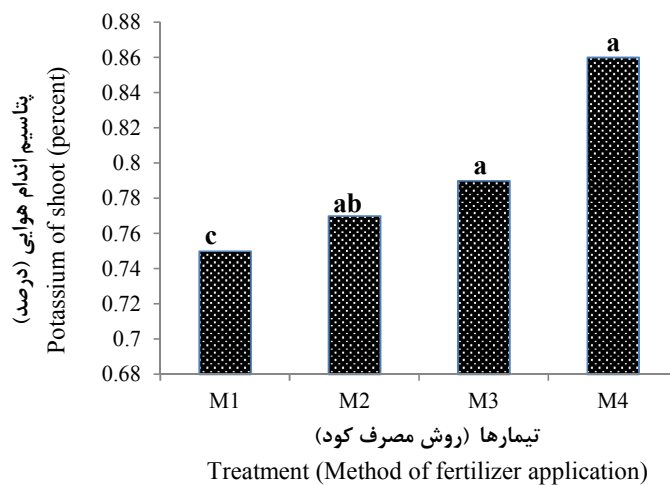


شکل ۲ - اثر مقادیر مختلف فسفر بر وزن ماده خشک اندام هوایی همیشه‌بهار

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد هستند.

Figure 2- The effect of various amounts phosphorous on shoot dry weight of calendula.

Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

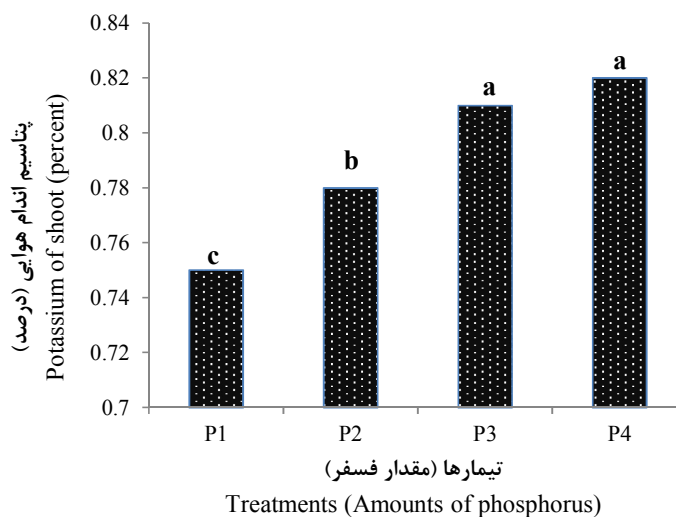


شکل ۳- اثر روش‌های مختلف استفاده از کود بیولوژیکی فسفات‌ه بر درصد پتاسیم اندام هوایی همیشه‌بهار

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد هستند.

Figurer 3- Effect of different biological phosphorous application methods on potassium percentage of calendula shoots

Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .



شکل ۴- اثر مقادیر مختلف فسفر بر پتاسیم اندام هوایی همیشه‌بهار

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد هستند.

Figurer 4- The effect of various amounts phosphorous on potassium percentage of calendula shoots

Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

## References

- Abedini Abksar H., Hashemabadi D., and Kaviani B. 2015. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and different substrates on phosphorus soil, and plant performance screw geranium (*Pelargonium peltatum* Soland). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31 (6): 988-1004. (In Persian)
- Abou El-yazeid A., Abou-Aly H.E., Mady M., and Moussa S.A.M. 2007. Enhancing growth productivity dissolving microorganism (Bio-phosphor) combined with boron foliar. *Agricultural and Biological Sciences*, 3(4):274-286.
- Ahmadi Fard M., Azizi K., Esmaeli A., and Hidari S. 2010. Effects of Feeding Systems for Chemical, Biological and Integrated on Grain Yield and its Components in Conditions of Khorramabad. *Proceedings of the Eleventh Congress of Crop Sciences*, pp. 3386-3389. (In Persian).
- Akefe A. 1996. Process of leaf analysis. 2<sup>nd</sup> Ed. *Soil and Water Research Institute*, Tehran, Iran. (In Persian)
- Allison L.E. 1965. Organic carbon. In: Black, C.A., Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E., and Clark F.E. (Ed.), *Methods of Soil Analysis-Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy*, Madison, pp.1367.
- Bremner J.M., and Mulvaney M. 1982. Nitrogen total. In: page A.L., Miller R.H., and Keeney R.R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis-Part 2. American Society of Agronomy*, Madison, WI, pp. 595-624.
- Cakmack R., Donmez M., and Erdogan U. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seeding growth, nutrient uptake, some soil properties and bacteria counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31:189-99.
- Darzi M., Ghalavand T.A., and Rejali F. 2008. Effect of mycorrhiza, Vermicompost and biological phosphate fertilizer on flowering, yield and symbiotic root, fennel medicinal plant. *Journal of Crop Science*, 10 (1): 109-88. (In Persian)
- Deepadevi M., Basu M.J., and Santhaguru K. 2010. Response of *Sorghum bicolor* (L.) Monech. to Dual Inoculation with *Glomus fasciculatum* and *Herbaspirillum seropediense*. *General and Applied Plant Physiology*, 36: 176-182.
- Dehgani Meshkani M.R., Nagdi badi H., Darzi M.T., Mehrafarin A., Reza Zadeh S., and Kadkhoda Z. 2011. The effect of biological and chemical fertilizers on yield and quality of *anthesis tinctoria*. *Journal of Medicinal Plants*, 10(3): 35 - 48. (In Persian).
- Edward F., Gilman L., and Tresa H. 1999. *Calendula officinalis*. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.
- Fatma E.M., El-Zamik I., Tomader T., Hadidy H.I., and Seham H. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants growth in sandy and calcareous soils. *Zagazig Journal of Agriculture*, 33: 205-230.
- Fikrettin S., Chakmakji R., and Kantar F. 2004. Sugar beet and barley yield in relation to inoculation with N<sub>2</sub> -fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 256:123-129.
- Ghasemi qahsareh M., and Kafi D. 2001. General potting. 206p. (In Persian)
- Gyaneshwar P., Kumar G.N., Parekh L.J., and Poole P.S. 2002. Role of soil microorganisms in improving nutrition of plants. *Plant and Soil*, 245: 83-93.
- Han H., Supanjani K., and Lee D. 2006. Effect of coin inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*, 52(3): 130-136.
- Hashemabadi D., Zaredost F., Barari Ziyabari M., and Zarchini M. 2012. Influence of phosphate bio-fertilizer on quantity and quality features marigold (*Tagetes erecta* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 6(6):1101-1109.
- Hossein-Zadeh H., Malboby M.A., and Mohammadi A. 2007. Effect of bio-fertilizer on wheat yield fertile -2. *Proceedings of the first international conference on healthy and sustainable development of agricultural production and the national festival* , 7p. (In Persian)
- Ilbas A.I., and Sahin S. 2005. *Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 55(4):287-292.
- Khalaj S.A., Hassanzadeh S., and Uosef beigi A. 2009. Biological phosphorus fertilizer instead of investigating the possibility of replacing conventional phosphate fertilizers (triple super phosphate) in the cultivation of tuberose. The final report of the Central State Research Center for Agriculture and Natural Resources, National Research Station of ornamental plants, places, Iran, p. 26. (In Persian)

- Khalvati M.A., Mozafar A., and Schmidhalter U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biology*, 7: 706-712.
- Khaosaad T., Vierheilig H., Nell M., Zitterl-Eglseer K., and Novak J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp.*, Lamiaceae). *Mycorrhiza*, 16(6): 443-446.
- Khomami A.M., and Mammdov G.M. 2016. Feasibility of growth and nutrition of *Dieffenbachia amoena* 'Tropic Snow' in pot growth-medium amended with sugarcane bagasse vermicompost. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6(24):23-29. (In Persian)
- Kocheki A., Jahani M., Tabrizi L., Mohammad abadi A. 2011. Evaluate the effects of biological and chemical fertilizers and planting of flowers and performance characteristics of saffron corms (*Crocus sativus* L.). *Journal of Soil and Water*, 25(1): 192-206. (In Persian)
- Kumar D.S.B., Berggren I., and Martensson A.M. 2001. Potential for improving pea production by co-inoculation with florescent *Pseudomonas* and *Rhizobium*. *Plant and Soil*, 229: 25-34.
- Moradi M., Mdani H., and Pilevari Khomami R. 2010. The application of biological phosphorus and phosphorus chemical characteristics compared with a sunflower in Arak. *Proceedings of the Eleventh Congress of Crop Science*, pp. 2262 - 2265. (In Persian)
- Motahari M., Hani A., Moradi P., and Motahari H. 2011. Effect of mycorrhiza and phosphorus fertilizer on yield, yield components and plant ingredients of calendula. *First National Conference on Advances in agricultural issues*. Islamic Azad University. (In Persian)
- Omidi H., Nagdi badi H.A., Golzad A., Turabi H., and Fotokian M.H. 2009. Effect of fertilizer and biological nitrogen on the yield and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 2 (30): 109-98. (In Persian)
- Pooruosef M., Mazaheri D., Chaichi M.R., Rahimi A., and Tavakoli A. 2010. Effects of soil fertility treatments on some morphological characteristics Agro morphologic and psyllium mucilage. *Journal of Crop Production*, 2: 1 - 21. (In Persian)
- Rahimzadeh Abyazny M., Vazan S., Malbvbi M.A., and Madani H. 2006. Evaluation of the effects of phosphate fertilizer, biological and chemical phosphorus fertilizer rates on jumbo sorghum yield in the plant density in save area. Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University. (In Persian)
- Ratti N., Kumar S., Verma H.N., and Gautams S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. *Microbiology Research*, 156:145-147.
- Samsam shariati H., and Motahar F. 2003. Plants and Natural Remedies. Roozbehan Publication. (In Persian)
- Sharma K.N., and Namdeo K.N. 1999. Effect of biofertilizers and phosphorous on NPK contents, uptake and grain quality of soybean (*Glycine max* L. Merrill) and nutrient status of soil. *Crop Research*, 17: 164-169.
- Singh Y.P., Dwivedi R., and Dwivedi S.V. 2008. Effect of bio-fertilizer and graded dose of nitrogen on growth and flower yield of *Calendula officinalis*. *Plant Archives*, 8(2): 957-958.
- Soltanpour P.N., and Schwab A.P. 1997. A new soil test for simultaneous extraction. In: Methods of Soil Analysis-Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Miller, R.H., Keeney, D.R. 1982. Madison, Wisconsin, USA, pp. 403-427.
- Tavakoli dinani A., Darzi M.T., Masomi A., and Malboby M.A. 2010. Study of the effects of inoculation with phosphate solubilizing biological fertilizer on plant traits in Roodehen you. *Proceedings of the Eleventh Congress of Crop Science*, pp. 2654 - 2657. (In Persian)
- Turom M., Ataglu N., and Sahni F. 2007. Effect of bacillus FS-3 on growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants and availability of phosphorus in soil. *Plant, Soil and Environment*, 53(2): 58-64.
- Wu S.C., Cao Z.H., Li Z.G., and Cheung K.C. 2005. Effect of biofertilizer containing N- fixer, P and K solubilizers and fungi on maize growth. A greehous Trial. *Geoderma*, 125: 155-166.
- Yousefi K., Galvi M., Ramroudi M., and Javaheri M.A. 2010. Biological effects of phosphate fertilizer-2 combined with foliar micronutrient fertilization on dry matter accumulation and yield components of maize (704 S.C.). *Proceedings of the Eleventh Congress of Crop Science*, pp. 4322 - 4325. (In Persian)

## A Comparison of the Effects of Chemical and Biological Phosphorous Fertilizer on Phosphorous Uptake and Yield of Ornamental Calendula (*Calendula officinalis*)

Ali Mahboub Khomami<sup>1\*</sup>, Davood Hashemabadi<sup>2</sup>, Atefeh Barari Tajany<sup>3</sup>, Ali Reza Fallah<sup>4</sup>

(Received: May 2016 Accepted: January 2017)

### Abstract

The use of bio-fertilizers is a global approach to reduce chemical inputs pollution to increase the quantity and quality of plant products in line with sustainable agriculture. In this study in order to compare the effects of biological and chemical phosphorous fertilizer on phosphorous uptake and yield of ornamental calendula, a factorial experiment with two factors: 1 - application of biological phosphorous fertilizer at four levels: M<sub>1</sub> (without using biological phosphorous manure), M<sub>2</sub> (inoculated seed with biological phosphorous fertilizer), M<sub>3</sub> (inoculated roots with biological phosphorous fertilizer), M<sub>4</sub> (inoculated seed and roots with biological phosphorous fertilizer) and 2- the amount of phosphorous in the form of triple superphosphate at four levels P<sub>1</sub> (zero), P<sub>2</sub> (100), P<sub>3</sub> (200), P<sub>4</sub> (300 mg l<sup>-1</sup>), based on a randomized complete block design with 16 treatments and 5 replicates with 5 pot per treatment was performed. The results showed that of the biological phosphate fertilizer application methods, M<sub>4</sub> to most of the traits such plant height (35.53 cm), flower diameter (66.58 mm), flower number (9.15), number of leaves per plant (64.25), shoot fresh weight (29.9 g) and shoot P (%3.45) was effective and efficient and phosphorus fertilizer consumption has reduced. Whereas in most of the characteristics M<sub>4</sub>P<sub>3</sub> treatment had no significant difference with M<sub>4</sub>P<sub>4</sub> treatment. Therefore, it is advisable to reduce consumption of chemical phosphorus fertilizer.

**Keywords:** Bio-fertilizers, Inoculated to roots, Inoculated to seeds, Triple superphosphate

1- Faculty member of Soil and Water Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran.

2- Associate Professor of Horticulture Department, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht

3- Graduate student of Islamic Azad University of Rasht.

4- Associate Professor of Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

\* Corresponding Author Email: [mahboub48@yahoo.com](mailto:mahboub48@yahoo.com)