

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

علی محبوب خمایی^{۱*}، داود هاشم آبادی^۲، عاطفه براری تاجانی^۳، علیرضا فلاح^۴

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

چکیده

استفاده از کود های زیستی، رویکرد جهانی برای کاهش آلودگی نهاده های شیمیایی جهت افزایش کمیت و کیفیت محصولات گیاهی در راستای کشاورزی پایدار است. در این تحقیق جهت مقایسه ی اثر کود بیولوژیکی و شیمیایی فسفره بر جذب فسفر و عملکرد گیاه زینتی همیشه بهار، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با دو فاکتور: ۱- روش های مختلف کاربرد کود زیستی بارور در چهار سطح: M₁ (بدون استفاده از کود زیستی)، M₂ (کود زیستی بصورت بذرمال)، M₃ (کود زیستی بصورت ریشه مال)، M₄ (کود زیستی بصورت بذر مال + ریشه مال) و ۲- مقادیر فسفر شیمیایی به شکل سوپر فسفات تریپل در چهار سطح P₁ (صفر)، P₂ (۱۰۰)، P₃ (۲۰۰)، P₄ (۳۰۰ میلی گرم 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 روش های کاربرد کود بیولوژیک فسفات، M₄ بر اکثر صفات مورد بررسی مانند ارتفاع نهایی بوته (۳۵/۵۳ سانتی متر)، قطر گل (۶۶/۵۸ میلی متر)، تعداد گل (۹/۱۵)، تعداد برگ در بوته (۶۴/۲۵)، وزن تر اندام هوایی (۲۹/۰۹ گرم) و فسفر اندام هوایی (۳/۴۵ درصد) موثر و کارا بوده و بطور معنی داری نسبت به شاهد موجب کاهش مصرف کود فسفره شده است. نظر به اینکه تیمار M₄P₃ در اکثر صفات با تیمار M₄P₄ اختلاف معنی داری نداشت، لذا با هدف کاهش مصرف کود فسفره شیمیایی کاربرد آن قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بذر مال، سوپر فسفات تریپل، ریشه مال، 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

مقدمه

گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)، متعلق به خانواده آفتابگردان (Asteraceae) می باشد. خانواده آفتابگردان بزرگترین تیره گیاهی دولپه ای ها به شمار می رود (Ghasemi qahsareh & Kafi, 2001). منشاء این گیاه مدیترانه و غرب آسیا و اروپای مرکزی گزارش شده است. این گیاه در موقعیت های آفتابی آمریکای شمالی و اروپا به سادگی رشد می کند (Edward et al., 1999). این گیاه در ایران به خصوص در نواحی غربی به طور فراوان می روید (Samsam shariat & Motahar, 2003). فسفر یکی از عناصر اصلی و پرمصرف در گیاه است که مصرف کافی آن باعث افزایش کمی و کیفی محصول می شود (Hossein-Zadeh et al., 2007). استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریعترین راه برای جبران کمبود مواد غذایی و حاصلخیزی خاک لازم به نظر می رسد. ولی درصد بالایی از کود فسفره مصرفی با یون های آزاد خاک پیوند خورده و بصورت غیر محلول و غیر قابل جذب در می آیند (Ahmadi Fard et al., 2010). نتایج پژوهش ها نشان می دهد که افزایش مصرف کودهای فسفره در طی سال های اخیر نه تنها عملکرد محصولات زراعی را چندان افزایش نداده است، بلکه در نتیجه برهم زدن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد را نیز به دنبال داشته است (Sharma et al., 1999). در اغلب اراضی زراعی، تجمع فسفر موجب بروز مشکلاتی در جذب عناصر کم مصرف می شود. 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 میکروارگانیزم های حل کننده فسفات در محیط ریزوسفر می تواند 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 طبیعی ترین و مطلوب ترین راه حل مطرح است. کودهای زیستی از باکتری ها و همچنین قارچ های مفیدی تشکیل می شوند که هر یک به منظور خاصی تولید می شوند. مشخص شده که باکتری ها علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری ها، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد بیشتر گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول می شوند (Omidi et

al., 2009). نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده که کاربرد کود بیولوژیک فسفات بارور ۲ در بسترهای مختلف به عنوان مکمل کودی و حتی جایگزین کود شیمیایی در پرورش گیاه زینتی شعدانی پیچ قابل توصیه می باشد (Abedini Abksar et al., 2015). توکلی دینانی و همکاران (Tavakoli Dinani et al., 2010) معتقدند که کودهای زیستی فسفات با فراهم کردن مقدار متناسبی از فسفر و تقویت حجم رویشی و سبزیگی گیاه به افزایش متابولیت های ثانویه که از تولیدات جانبی فتوسنتز هستند کمک می کنند، بنابراین مقدار تولید متابولیت های ثانویه گیاهان تلقیح یافته با کودهای زیستی بالا می رود. محققین اثر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و نیز باکتری های حل کننده 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 همیشه بهار شده که می تواند به علت توان قارچ میکوریزی در جذب فسفر باشد که با نتایج محققین در به کار گیری از سویه *Glomus fasciculatum* و کاربرد قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* در گیاه دارویی پونه مشابه است (Deepadevi et al., 2010; Khaosaad et al., 2010). نتایج آزمایش کوچکی و همکاران (Kochehi et al., 2011) نشان داد که اثر کود بیولوژیک فسفات بر تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک کلاله زعفران معنی دار بود. از اهداف این آزمایش بررسی امکان کاهش مصرف کود شیمیایی از طریق مصرف کود زیستی فسفات و تعیین موثرترین روش کاربرد آن بوده است.

مواد و روش ها

این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با دو فاکتور: ۱- روش های مختلف کاربرد کود زیستی فسفات بارور-۲ در چهار سطح: M₁ (بدون استفاده از کود زیستی فسفات)، M₂ (کود زیستی فسفات بصورت بذرمال)، M₃ (کود زیستی فسفات بصورت ریشه مال)، M₄ (کود زیستی فسفات بصورت بذر مال + ریشه مال) و ۲- مقادیر فسفر شیمیایی به شکل سوپر فسفات تریپل در چهار سطح P₁ (صفر)، P₂ (۱۰۰)، P₃ (۲۰۰)، P₄ (۳۰۰ میلی گرم در لیتر)، با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار و با ۵

شروع جوانه زنی بذرها و رشد گیاهیچه بعد از ۲۵ روز آغاز شد و پس از رسیدن نشاهای دو برگی به ارتفاع حدود ۱۰ سانتی متر برای انتقال آماده شدند. در این مرحله مایع تلقیح جدید آماده شده و تیمارهای ریشه مال و تیمارهای بذر مال + ریشه مال نیز با فرورودن ریشه نشاها در سطل حاوی کود صاف شده به مدت ۵ دقیقه تلقیح شده و مطابق با نقشه آزمایش در گلدان های حاوی خاک زراعی کشت شدند. خاک زراعی با مشخصات فیزیکی و شیمیایی قید شده در جدول (۱) مورد استفاده قرار گرفت.

گلدان (گلدان ۴ لیتری) در هر تیمار در گلخانه شیشه ای بدون گرمایش انجام شد. جهت انجام تیمارهای بذر مال ۱۰۰ گرم کود زیستی فسفات بارور ۲ را به ۲ لیتر آب افزوده و کاملا هم زده، سپس با استفاده از پارچه ای نازک مواد معلق آن گرفته شده و محلول صاف شد. تعدادی بذر گل همیشه بهار روی پلاستیک پهن شد و محلول کود زیستی فسفات با آبفشان روی بذرها اسپری شد. سپس بذرهای تلقیح شده به همراه سایر بذرهای تلقیح نشده در خزانه بصورت ردیفی و در عمق ۱ سانتیمتری کاشته شدند، پس از کاشت بذرها در خزانه و مراقبت روزانه،

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

هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹)	واکنش خاک (pH)	درصد کربن آلی Percentage of organic carbon (%)	پتاسیم قابل جذب (Available Potassium) (mg kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (Available phosphorus) (mg kg ⁻¹)	نیتروژن کل (Total Nitrogen) (%)	کلاس بافت خاک (Soil texture class)
1.1	7.6	2.8	156	10	0.76	لوم شنی (Sandy loem)

ECe: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک

ECe: Electrical Conductivity of soil saturation extract

آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت وزن خشک آن تعیین شد (Khomami, 2016). پس از خارج کردن ریشه از بستر و شستن و خشک کردن آن با دستمال کاغذی، وزن تر و خشک آن نیز همانند اندام هوایی تعیین شد.

در گیاه اندازه گیری نیتروژن کل با دستگاه کجل تک، اندازه گیری فسفر با روش مورفی و ریلی و به وسیله اسپکتروفتومتر مدل Apel-PD-303UV و پتاسیم بوسیله دستگاه فلیم فتومتر انجام شد (Akefe, 1996). نیتروژن کل موجود در بستر به روش کجلدال (Bremmer & Mulvaney, 1982)، فسفر به روش سلطان پور و همکاران با عصاره گیری با AB-DTPA و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Apel اندازه گیری شد (Soltanpour & Schwab, 1997)، پتاسیم قابل تبادل از روش عصاره گیری با استات آمونیوم یک مولار با pH = ۷، کربن آلی به روش والکلی و بلک (Allison, 1965)، pH و EC بسترهای کشت در عصاره اشباع بوسیله دستگاه متر مدل Elmetron و EC توسط دستگاه Jenway اندازه گیری شد. داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین تیمارها به کمک روش

برای تیمار کود شیمیایی از کود سوپر فسفات تریپل بصورت محلول در آب استفاده شد. تغذیه گیاه با کود سوپر فسفات تریپل 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 میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی هیچ کودی استفاده نشد، در هر مرحله برای تیمارهای مربوط به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی ۰/۴۲ گرم کود، برای تیمار مربوط به ۲۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی ۰/۸۴ گرم، برای تیمارهای مربوط به ۳۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی ۱/۲۶ گرم کود به نشاء ها داده شد. فاکتورهای رشد از جمله ارتفاع گیاه از سطح گلدان تا انتهای ترین غلاف برگ توسط خط کش و قطر گل با کولیس دیجیتال زمانی که گل به مرحله تمام گل رسیده بودند (تمامی گلبرگ ها باز شده بودند) اندازه گیری شد. میانگین تعداد گل در هر گلدان، میانگین تعداد برگ در هر بوته اندازه گیری شد، در انتهای دوره رشد پس از بریدن گیاه از سطح خاک، وزن تر اندام هوایی و پس از قرار دادن آن در

آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نمودارها نیز به کمک نرم افزار Excell ترسیم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع نهایی بوته: با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ و معنی دار شدن اثر متقابل روش کاربرد و مقدار کود بر ارتفاع نهایی، مقایسه میانگین ارتفاع نهایی (جدول ۳) نشان داده که تیمار M_4P_4 (۴۵/۴۶ سانتی متر) نسبت به سایر تیمارها برتری دارد. که این می‌تواند بدلیل افزایش جذب فسفر تحت تاثیر کود فسفات زیستی و تاثیر 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 همیشه بهار نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و باکتری‌های حل‌کننده فسفات + ۷۵ کیلو گرم کود ازته بدست می‌آید. پور یوسف و همکاران (Pooruosef et al., 2010) طی بررسی اثر تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک بر گیاه اسفزه مشاهده کردند که ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تاثیر 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 میلی متر) کمترین قطر گل و تیمار M_3P_4 (۸۲/۲۳ میلی متر) و تیمار M_2P_4 (۸۲/۰۴ میلی متر) بیشترین قطر گل را در مقایسه با سایر تیمارها داشته و بین آنها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به 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 شد که بیشترین قطر گل در تیمار بذرمال + ریشه مال کود بیولوژیک فسفات به همراه ۴۰۰ میلی گرم 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 باهم 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 همیشه بهار 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.

بیشترین وزن خشک اندام هوایی را ایجاد کرده اند که با شاهد اختلاف معنی داری داشته ولی بین تیمار M_2 (۲/۴۱ گرم)، شاهد (۱/۹۱ گرم) اختلاف معنی داری 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 معنی داری نشان داده، ولی بین تیمار P_2 (۲/۴۷ گرم) و تیمار شاهد (۲/۰۳ گرم) اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش های مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر وزن خشک اندام هوایی معنی دار نمی باشد. ایلباس و ساهین (Ilbas & Sahin, 2005) گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریزا-آربوسکولار موجب افزایش وزن خشک ریشه و ساقه سویا می شود. کومار و همکاران (Kumar et al., 2001) بیان کردند که تلقیح بذر نخود با باکتری سودوموناس فلورسنس و ریزوبیوم موجب افزایش وزن خشک گیاه می شود.

نتایج تحقیقات یوسفی و همکاران (Yousefi et al., 2010) بر روی ذرت دانه ای نشان داد که استفاده از کود بیولوژیک فسفات موجب افزایش تعداد برگ در ذرت می شود. این مسئله می تواند بدلیل کاربرد باکتری های حل-کننده فسفات موجود در کود بیولوژیک باشد که باعث افزایش جذب عناصر غذایی و مخصوصا فسفر می شود. نتایج آزمایش فای کرتین و همکاران (Fikretin et al., 2004) نشان داد که تاثیر تلقیح باکتری های حل کننده فسفات و تثبیت کننده های نیتروژن بر روی جو و چغندر قند موجب افزایش برگ و ریشه می شود. نتایج تحقیقات رحیم زاده 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 می دهد.

وزن تر اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس تیمارها نشان داده که اثر متقابل روش های مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شده است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش های مصرف کود بیولوژیک فسفات و مقادیر مختلف فسفر نشان می دهد 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) (جدول ۳) بدست آمده است. افزایش رشد می تواند حاصل افزایش مواد غذایی در دسترس گیاه تحت تاثیر کود بیولوژیک باشد. نتایج تحقیقات دهقانی مشکانی و همکاران (Dehghani Meshkani et al., 2011) بر روی بابونه شیرازی، نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک موجب افزایش وزن تر اندام هوایی می شود. 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 می دهد که اثر روش مصرف کود بیولوژیک فسفات و اثر مقادیر فسفر بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده های روش های مختلف استفاده از کود بیولوژیک فسفات بر وزن خشک اندام هوایی نشان می دهد که به ترتیب تیمار M_3 (۳/۱۱ گرم) و تیمار M_4 (۳/۷۲ گرم)

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

(Mean Square) میانگین مربعات									
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	منابع تغییرات 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		CV

*** و ** : به ترتیب در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی دار و غیر معنی دار

**, * and ^{ns}: respectively, significant at 1% and 5%, and non-significant

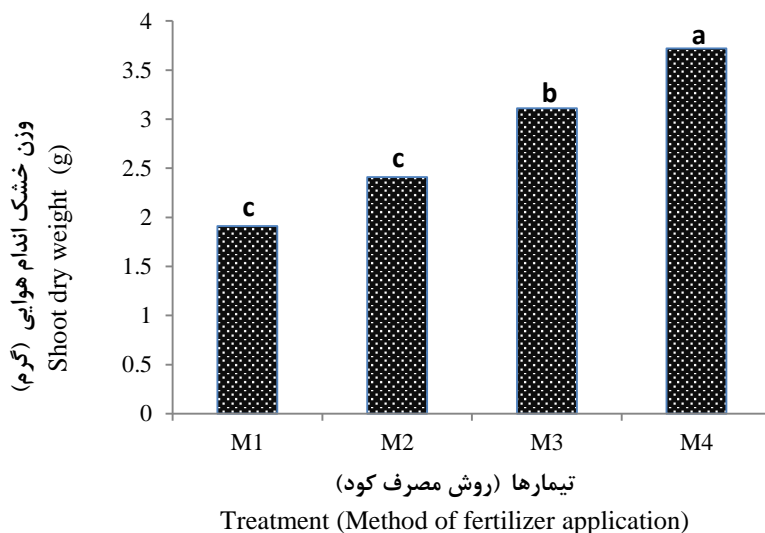
جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در گیاه
Table 3 - Mean comparison of measured characteristics in plants

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

۳۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P4, ۲۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P3, ۱۰۰ میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P2, صفر میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی: P1, بذر مال + ریشه مال: M4, ریشه مال: M3, بذر مال: M2, شاهد: M1

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

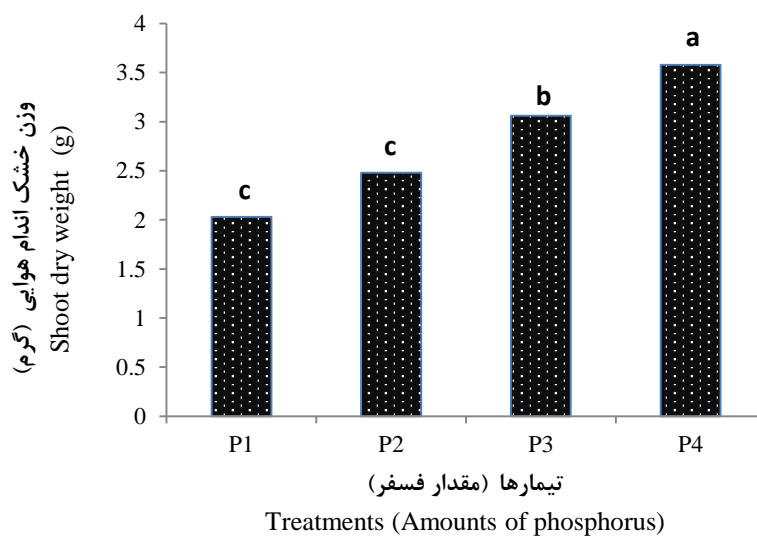
M1: control, M2: rubbing to seed, M3: rubbing to roots, M4: rubbing to seeds+rubbing to root, P1: zero milligrams per liter of chemical phosphorus, P2: 100 milligrams per liter of chemical phosphorus, P3: 200 milligrams per liter of chemical phosphorus, P4: 300 milligrams per liter of chemical phosphorus. 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 روش های مختلف استفاده از کود بیولوژیک فسفات بر وزن ماده خشک اندام هوایی همیشه بهار. میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

Figure 1 - Effect of different methods of application of biological phosphorus 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 همیشه بهار.

میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

Figure 2- The effect of various amounts phosphorus 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 $P < 0.05$

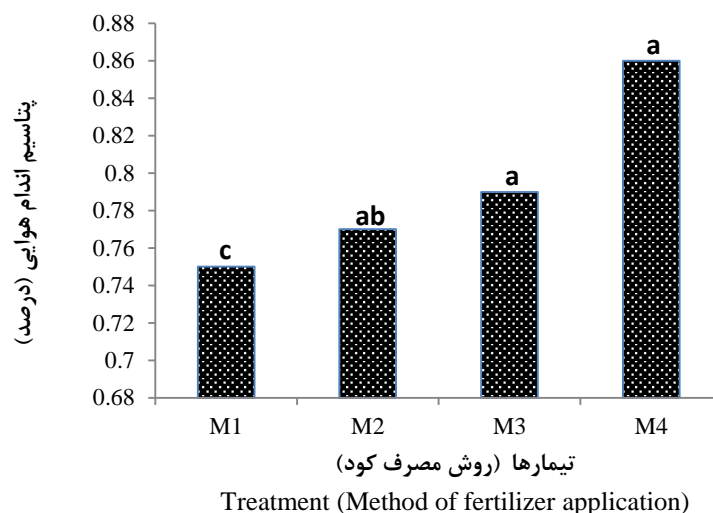
۰/۹۷ درصد) و M_4 (۰/۸۶ درصد) بیشترین مقدار پتاسیم اندام هوایی را داشته داشته اند (شکل ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کودشیمیایی فسفره بر پتاسیم اندام هوایی نشان داده که تیمار P_3 (۰/۸۱ درصد) و P_4 (۰/۸۲ درصد) تیمار بیشترین مقدار پتاسیم اندام هوایی را داشته اند (شکل ۴). هان و همکاران (Han et al., 2006) بیان کردند که باکتری‌های حل کننده فسفات باعث افزایش جذب عناصر غذایی همچون N-P-K در دو گیاه فلفل و خیار شده‌اند.

نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش، روش های کاربرد کود بیولوژیک فسفات M_4 بر اکثر صفات مورد بررسی مانند ارتفاع نهایی بوته (۳۵/۵۳)، قطر گل (۶۶/۵۸ سانتی متر)، تعداد گل (۹/۱۵)، تعداد برگ در بوته (۶۴/۲۵)، وزن تر اندام هوایی (۲۹/۰۹ گرم) و فسفر اندام هوایی (۳/۴۵ درصد) موثر و کارا بوده و بطور معنی داری نسبت به شاهد موجب کاهش مصرف کود فسفره شده و تیمار M_4P_3 که در اکثر صفات با تیمار M_4P_4 اختلاف معنی داری نداشتند با هدف کاهش مصرف کود فسفره شیمیایی قابل توصیه می باشند. 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 میلی گرم در لیتر فسفر شیمیایی عملکرد مناسبی را در گیاه همیشه بهار ایجاد می کند.

فسفر کل اندام هوایی: نتیجه تجزیه واریانس تیمارها (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر متقابل روش های مختلف استفاده از کود زیستی فسفات و مقادیر مختلف فسفر بر فسفر کل اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی دار است. مقایسه میانگین داده‌های فسفر کل اندام هوایی نشان داد کلیه روش های کاربرد کود بیولوژیک فسفات (M_4, M_3) در اکثر مقادیر فسفر P_3 و P_4 مقدار فسفر کل اندام هوایی را بطور معنی داری 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 داشته اند (جدول ۳). کک مک و همکاران (Cakmack, et al., 2007) در آزمایش گلخانه ای بر روی گیاه جو نتیجه گرفتند که باکتری‌های حل کننده فسفات موجب افزایش جذب فسفر در گیاهان تلقیح شده می شوند. 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 حل کننده فسفات از طریق افزایش اسیدیته خاک در محدوده ریشه فسفر قابل استفاده در خاک را افزایش می دهند. 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 حل کننده فسفات به همراه کود شیمیایی فسفات موجب افزایش جذب فسفر در گوجه فرنگی می شود.

پتاسیم اندام هوایی: تجزیه واریانس حاصل از تیمارها نشان می‌دهد که اثر روش های مختلف استفاده از کود زیستی فسفات بر مقدار پتاسیم اندام هوایی و اثر مقادیر مختلف فسفر شیمیایی بر مقدار پتاسیم اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بوده، ولی اثر متقابل آنها بر مقدار پتاسیم اندام هوایی معنی دار نشد (جدول ۲). بر این اساس مقایسه میانگین اثر روش های مختلف کاربرد کود زیستی فسفات نشان می‌دهد که بین تیمارها اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد وجود داشته و تیمار M_3

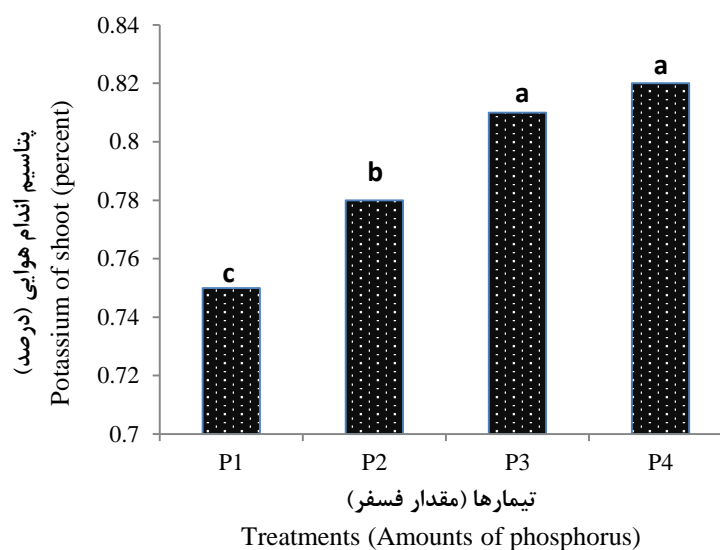


شکل ۳- اثر روش های مختلف استفاده از کود بیولوژیک فسفاتنه بر درصد پتاسیم اندام هوایی همیشه بهار.

میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

Figure 3- Effect of different biological phosphorus 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 همیشه بهار.

میانگین های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

Figure 4- The effect of various amounts phosphorus 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 (2nd edition). *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., Clark F.E. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy*, Madison, 1367 pp.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, 1982. Nitrogen total, In: page A.L., Miller R.H., Keeney R.R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2. Second ed. American Society of Agronomy*, Madison, WI, 595-624pp.
- 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 seropediae*. *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 *anthemis 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.
- Fikretin S., Chakmakji R. and Kantar F. 2004. Sugar beet and barley yield in relation to inoculation with N₂ -fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 256:123-129.
- Ghasemi qahsareh M. and Kafi D. 2001. General potting. 206 pages. (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., Vierheilg 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 shariat 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 (p 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 Phosphorus Fertilizer on Phosphorus Uptake and Yield of Ornamental Calendula (*Calendula officinalis*)

A. Mahboub Khomami^{1*}, D. Hashemabadi², A. Barari Tajany³, A. Fallah⁴

(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 phosphorus fertilizer on phosphorus uptake and yield of ornamental calendula, a factorial experiment with two factors: 1 - Application of biological phosphorus fertilizer at four levels: M₁ (without using biological phosphorus manure), M₂ (inoculated seed with biological phosphorus fertilizer), M₃ (inoculated roots with biological phosphorus fertilizer), M₄ (inoculated seed and roots with biological phosphorus fertilizer) and (2) the amount of phosphorus in the form of triple superphosphate at four levels P₁ (zero), P₂ (100), P₃ (200), P₄ (300 mg l⁻¹), 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, M₄ 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 M₄P₃ treatment had no significant difference with M₄P₄ treatment. Therefore, it is advisable to reduce consumption of chemical phosphorus fertilizer.

Keywords: Bio-fertilizers, Inoculated to seeds, Inoculated to roots, 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