DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2015.12606

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۱، شماره ۱، صفحه ۱۵-۱ (۱۳۹۴)

بررسی کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی گل‌راعی (*Hypericum perforatum* L.)

شهلا شفیعی ادیب[1*]، مجید امینی دهقی[2] و سید علی‌محمد مدرس ثانوی[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، پست الکترونیک: ss.adib88@gmail.com

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

۳- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۰ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر کمّیت و کیفیت گیاه دارویی گل‌راعی (*Hypericum perforatum* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه فاکتوره شامل کود فسفات زیستی (تلقیح و عدم تلقیح)، ورمی‌کمپوست (۰، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و کود شیمیایی فسفر (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۹ در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد اجرا شد. همچنین یک کرت به‌عنوان تیمار شاهد شیمیایی شامل کود شیمیایی (N=250 kg/h، P_2O_5=200 kg/h و K_2O=100 kg/h) برای مقایسه با کرت‌های کود زیستی در هر تکرار قرار داده شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۹۹/۶۶ گرم در مترمربع)، عملکرد سرشاخه گلدار (۱۱۴۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد هیپریسین (۱۵۷/۲۳ گرم در هکتار) در سطح دوم ورمی‌کمپوست بدست آمد و بین سطح دوم و سوم ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در این تحقیق اثرات متقابل دو فاکتور تلقیح بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر معنی‌دار شد، به‌طوری که بیشترین میزان عملکرد سرشاخه گلدار (۱۲۶۷/۴۴ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۲۲۵/۶۷ گرم در مترمربع)، عملکرد هیپریسین (۱۷۶/۸ گرم در هکتار) و کلروفیل a (۰/۲۴۷ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) در تیمار تلقیح بارور-۲ به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفره بدست آمد که در بیشتر آنها مقدارشان با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفره بدون تلقیح با بارور-۲ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مقایسه شاهد با تیمارهای کود زیستی معنی‌دار گردید. به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک می‌توانند در کشاورزی پایدار به‌عنوان یک جایگزین برای کودهای شیمیایی در گیاه دارویی گل‌راعی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: گل‌راعی (*Hypericum perforatum* L.)، هیپریسین، کودهای زیستی، کود فسفات زیستی، ورمی‌کمپوست.

مقدمه

امروزه به‌دلیل مشخص شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی، رویکرد عمومی به مصرف داروهای گیاهی روز به روز در حال افزایش است (عباس‌زاده، ۱۳۸۴) و با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف، نکته حائز اهمیت در تولید و پرورش این گونه‌های ارزشمند، افزایش

تولید زیست‌توده آنها بدون کاربرد نهاده‌های مضر شیمیایی اعم از کود یا سموم دفع آفات و علف‌های هرز می‌باشد (Abdul-Jaleel *et al.*, 2007). از آنجا که تأکید عمده کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد و نیز مطالعات انجام شده روی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی گویای آن است که استفاده از نظام کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر عملکرد کمّی و کیفی را در چنین شرایطی فراهم می‌کند. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های کشاورزی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است. از میان گیاهان دارویی می‌توان به گل‌راعی اشاره کرد. گل‌راعی یا علف‌چای (*Hypericum perforatum*) گیاهی علفی و پایا از خانواده Hypericaceae می‌باشد (صمصام شریعت، ۱۳۷۴). این گیاه دارویی در ترمیم زخم‌ها، بیماریهای عصبی مانند سیاتیک، بیماریهای عفونی مانند سفلیس، سل، اسهال خونی و سیاه‌سرفه و همچنین دفع کرم و دفع مالاریا نقش اساسی دارد (Goldstein *et al.*, 1999). در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی داروهای ضدافسردگی که از گل‌راعی تهیه شده بودند به تدریج وارد بازار شدند (Linde *et al.*, 1996؛ Lake, 1997). از انواع کودهای زیستی می‌توان به میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات که عمدتاً شامل باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند، اشاره کرد که با تولید اسیدهای آلی موجب افزایش حلالیت فسفات‌های معدنی کم‌محلول نظیر سنگ فسفات می‌شوند. همچنین بسیاری از آنها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز موجب آزاد شدن فسفر از ترکیب‌های آلی می‌گردند (صالح راستین، ۱۳۸۰؛ Gharib *et al.*, 2008؛ Shahab *et al.*, 2009). بسیاری از محققان نشان دادند که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات، فسفر تثبیت شده درون خاک را حل نموده و استفاده گیاه از آن موجب عملکرد بالاتر محصولات زراعی شده است (Gull *et al.*, 2004). در همین رابطه می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد. در پژوهشی که با استفاده از یک گونه از باکتری حل‌کننده فسفات به نام *Bacillus polymyxa* همراه با مصرف یک نوع فسفات معدنی غیرمحلول به‌نام تری‌کلسیم فسفات، بر روی گیاه دارویی علف لیمو انجام شد، ملاحظه گردید که ویژگی‌هایی مانند ارتفاع گیاه، عملکرد بیولوژیک و غلظت فسفر ساقه نسبت به کنترل به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت. در این مطالعه کیفیت اسانس نیز در اثر وجود باکتری‌های حل‌کننده فسفات بهبود یافت، به‌نحوی که درصد ژرانیول در اسانس در حدود ۲۷/۶٪ بیشتر از تیمار شاهد بود (Darzi *et al.*, 2009). Koochaki و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از ترکیب نیتروکسین، میکوریزا و پسودوموناس فلورسنت در گیاه دارویی زوفا باعث افزایش ۱۱۲/۹٪ عملکرد اسانس شد. نتایج تحقیق Gharib و همکاران (۲۰۰۸) حکایت از آن دارد که استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات در گیاه دارویی مرزنجوش سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس می‌گردد. Sanchez و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایشی در کشور کوبا اثر کودهای بیولوژیک را روی دو گیاه دارویی بابونه و همیشه‌بهار مورد بررسی قرار دادند. نتایج حکایت از آن داشت که کاربرد این کودها در همیشه‌بهار باعث افزایش عملکرد گل و بهبود کیفیت دارویی شد، در حالی‌که در بابونه باعث افزایش عملکرد گل شد، ولی در کیفیت اثری نداشت. ورمی‌کمپوست گروه دیگری از کودهای زیستی می‌باشد و نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم نسبی ضایعات آلی (کود دامی و بقایای گیاهی و غیره) در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانور بوجود می‌آید (ملکوتی، ۱۳۷۵؛ معلم و عشقی‌زاده، ۱۳۸۶). این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و ظرفیت زیاد نگهداری آب و بدون بوی نامطبوع و عوامل بیماری‌زا می‌باشد و امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار، برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول است (Atiyeh *et al.*, 2002؛ Arancon *et al.*, 2004). در خصوص استفاده از ورمی‌کمپوست بر روی رشد و نمو و عملکرد گیاهان دارویی مطالعات اندکی انجام شده است. در رابطه با کاربرد ورمی‌کمپوست بر روی رشد و نمو گیاهان دارویی، Vadiraj و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه‌ای بر روی گیاه دارویی زردچوبه نشان دادند که مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست سبب بهبود ارتفاع بوته و عملکرد آن گردید. در مطالعه‌ای دیگر نیز مشاهده شد

که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد دو گونه از گیاه دارویی بارهنگ شد (Sanchez *et al.*, 2008). نتایج حاصل از پژوهش Darzi و همکاران (۲۰۱۱) روی کاربرد ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر گیاه دارویی آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه با مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست حاصل گردید. کود فسفات زیستی نیز روی سایر صفات معنی دار شد. همچنین اثر متقابل این دو عامل باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. در تحقیقی که Astaraei (۲۰۰۶) با موضوع تأثیر کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست روی گیاه دارویی اسفرزه انجام داد، به این نتیجه رسید که بیشترین میزان ارتفاع بوته و طول سنبله، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن کاه و کلش در بوته و وزن هزاردانه در نسبت ۲۰ به ۸۰ ورمی کمپوست به خاک مشاهده گردید که در همه آنها ورمی‌کمپوست به نسبت ۲۰٪ خاک به کمپوست برتری داشت. با توجه به مسائل مطرح شده فوق، هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک ورمی‌کمپوست و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به همراه مصرف بهینه کود شیمیایی فسفر بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی گل‌راعی به‌منظور مدیریت پایدار بوم نظام زراعی از طریق تغذیه تلفیقی گیاهیست.

مواد و روشها

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. میانگین بارش سالیانه منطقه ۲۵۹ میلی‌متر می‌باشد. قبل از کشت، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد و مشخص شد که بافت خاک لومی شنی و pH آن برابر ۷/۸ می‌باشد (جدول ۱). آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این طرح فاکتورها شامل عامل کود فسفات زیستی (بارور-۲) در دو سطح (تلقیح=B_1 و عدم تلقیح=B_2) و عامل کود شیمیایی فسفر به‌صورت سوپرفسفات تریپل در سه سطح (P_1=۰، P_2=۱۰۰ و P_3=۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (V_1=۰، V_2=۵ و V_3=۱۰ تن در هکتار) هستند. کود بیولوژیک فسفر (بارور-۲) حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های پانتوآلگومرانس (سویه P_{25}) و سودوموناس پوتیدا (سویه P_{13}) می‌باشد، که از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد. در این تحقیق از بذرهای خارجی اصلاح شده رقم زراعی به نام توپاز استفاده گردید. کشت به‌صورت غیرمستقیم و با استفاده از خزانه هوای آزاد انجام شد. به‌منظور اجرای آزمایش عملیات تهیه زمین در اسفند ماه با مناسب شدن شرایط اقلیمی انجام گردید. پس از تسطیح زمین اقدام به کرت‌بندی به ابعاد ۲×۳ گردید که هر کرت دارای شش ردیف کشت و فاصله بوته از یکدیگر ۵۰×۲۰ سانتی‌متر با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع بود. پس از انتقال نشاءها آبیاری در حد نیاز و وجین به‌صورت دستی انجام شد. برداشت محصول در زمانی که ۸۰٪ بوته‌ها به گل رفتند، از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک انجام شد و بعد سرشاخه گلدار برداشت شده از هر کرت توزین گردید و نمونه‌های برداشت شده در سایه و در دمای معمولی (۲۵ تا ۳۰ سانتی‌گراد) به مدت سه روز خشک گردید. استخراج هیپریسین با استفاده از دستگاه سوکسله و اندازه‌گیری آن براساس قوانین بیر و لامبرت با اسپکتروفتومتر ماوراءبنفش انجام شد. در این روش شستشوی کلروفیل و استخراج هیپریسین به‌ترتیب با کلروفیل و متانول انجام شده و بعد میزان جذب هیپریسین در طول موج ۵۹۰ نانومتر مشخص گردید. اندازه‌گیری و استخراج کلروفیل و اندازه‌گیری کلروفیل‌های a و b بر حسب روش Arnon (۱۹۹۴) انجام شد. اطلاعات حاصل، از طریق برنامه آماری Mstat-c مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه

	عمق (cm)	بافت	واکنش گل اشباع (pH)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m)	آهن (Mg/Kg)	روی (Mg/Kg)	مس (Mg/Kg)	منگنز (Mg/Kg)
	۳۰- ۰	لومی شنی	۷/۸	۰/۰۳۷	۳/۲	۱۵۰	۱/۹۶	۰/۴۸	۰/۲۲	۴/۶
حد معمول	-	لومی	۶/۵-۷/۵	۰/۲<	۱۲-۱۵	۳۰۰-۳۵۰	۸-۱۰	۱-۲	۰/۸-۱	۵-۸

نتایج

عملکرد سرشاخه گلدار در هکتار

نتایج بدست آمده از آزمایش، بیانگر آن بود که عامل کود ورمی‌کمپوست به تنهایی و اثر متقابل کود فسفات زیستی و شیمیایی فسفر و همچنین اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی فسفر و نیز اثر متقابل هر سه عامل با هم در سطح ۱٪ بر میزان عملکرد سرشاخه گلدار در هکتار معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین بین سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست نشان داد که بین سطوح ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۱۱۴۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست (۱۰۵۱/۷۸ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نبود، ولی هر دو آنها با تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست (۸۶۸/۵ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری داشتند. به‌طوری که عملکرد سرشاخه در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار کنترل ۳۲٪ افزایش یافت (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل کود بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر بیشترین میزان عملکرد سرشاخه گلدار در تیمارهای تلقیح بارور-۲ به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر (۱۲۶۷/۴۴ کیلوگرم در هکتار) و تیمار عدم تلقیح بارور-۲ به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (۱۲۴۲/۶۶ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. میزان عملکرد سرشاخه گلدار در هر دو آنها نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۷/۶۹٪ و ۲۴/۱۹٪ افزایش یافت. در مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست بیشترین میزان عملکرد سرشاخه گلدار مربوط به تیمار ۵ تن ورمی‌کمپوست و صفر کیلوگرم فسفر (۱۳۰۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مربوط به تیمار شاهد (۵۸۹/۶۶ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر متقابل هر سه عامل کود زیستی و شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست بیشترین عملکرد سرشاخه در تیمار ۵ تن ورمی‌کمپوست و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره بدون تلقیح با کود زیستی بارور-۲ (۱۴۴۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین در تیمار شاهد (۵۲۶ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. به‌طوری که عملکرد در تیمار مربوطه ۱۷۴٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. میزان عملکرد سرشاخه در تیمار شاهد شیمیایی (NPK توصیه شده) ۸۶۳/۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۵).

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کود فسفات زیستی و کود شیمیایی فسفر نشان داد که عملکرد بیولوژیک در تیمار تلقیح کود بارور-۲ به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (۲۲۵/۶۷ گرم در مترمربع) بیشترین میزان بود که میزان آن با تیمار عدم تلقیح کود بارور-۲ به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (۲۱۶/۳۱ گرم در مترمربع) اختلاف معنی‌داری نداشت. عملکرد بیولوژیک در هر دو آنها نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۹/۶۵٪ و ۲۴/۲۷٪ افزایش یافت. در مقایسه میانگین اثر متقابل هر سه عامل کود زیستی و شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای ۵ تن ورمی‌کمپوست به همراه

۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره بدون تلقیح با بارور-۲ (۲۵۰/۰۷ گرم در مترمربع) و تیمار ۵ تن ورمی‌کمپوست و صفر کیلوگرم فسفر همراه با تلقیح بارور-۲ (۲۵۶/۳۳ گرم در مترمربع) بدست آمد و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار شاهد (۸۱/۱۳ گرم در مترمربع) بود. میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد شیمیایی ۱۱۳/۷ گرم در مترمربع بدست آمد (جدول ۵).

میزان هیپریسین

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که هیچ یک از تیمارهای کودی به تنهایی و اثر متقابل آنها بر میزان هیپریسن اثر معنی‌داری نداشت.

عملکرد هیپریسین در هکتار

نتایج بدست آمده از آزمایش، بیانگر آن بود که تأثیر دو عامل کود شیمیایی فسفر و کود ورمی‌کمپوست به تنهایی و اثر متقابل دو عامل کود فسفات زیستی و شیمیایی و همچنین اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی فسفر در سطح ۱٪ و دو عامل کود زیستی فسفر و ورمی‌کمپوست در سطح ۵٪ و نیز اثر متقابل هر سه عامل با هم در سطح ۱٪ بر میزان عملکرد هیپریسین در هکتار معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود زیستی و شیمیایی فسفر نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به‌نحوی که بیشترین میزان عملکرد در تیمار تلقیح کود فسفات زیستی به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر (۱۷۶/۸۳ گرم در هکتار) بدست آمد که مقدار عملکرد هیپریسین در این تیمار ۳۴٪ نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) افزایش یافت. در مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود شیمیایی فسفر و کود ورمی‌کمپوست تمامی تیمارهای کودی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل هر سه عامل نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به‌نحوی که میزان عملکرد هیپریسین در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدون تلقیح با بارور-۲ (۲۰۳/۱۶ گرم در هکتار=$B_1P_3V_2$) بیشترین و در تیمار شاهد (۶۶/۶۱ گرم در هکتار) کمترین مقدار بود. به‌طوری که عملکرد هیپریسین در این تیمار نسبت به تیمار شاهد ۲۰۵٪ افزایش داشت. عملکرد هیپریسین در $B_1P_3V_2$ نسبت به تیمار شاهد شیمیایی (کود شیمیایی توصیه شده برای گیاه) ۱۴۹٪ افزایش یافت (جدول ۵).

کلروفیل کل و کلروفیل a و b

در مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود شیمیایی فسفر و بارور-۲ در سطح ۱٪ بیشترین میزان کلروفیل در تیمار عدم تلقیح بارور-۲ به همراه ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر (۰/۵۹۶ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) بدست آمد که مقدار آن با تیمار تلقیح بارور-۲ به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفره (۰/۵۸۲ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) اختلاف معنی‌داری نداشت. در مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود شیمیایی فسفر و کود ورمی‌کمپوست در سطح ۵٪ بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفره به همراه ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۰/۶۰۵ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) بدست آمد (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه عامل کود بارور-۲، کود فسفره و کود ورمی‌کمپوست بیشترین میزان کلروفیل کل در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفره و ۵ تن ورمی‌کمپوست بدون تلقیح با بارور-۲ (۰/۶۶۱ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) بدست آمد. مقدار کلروفیل کل در تیمار شاهد شیمیایی ۰/۶۰۲ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه بدست آمد که با تیمار مطلوب کودی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود شیمیایی فسفر و بارور-۲ در سطح ۱٪ بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار عدم تلقیح بارور-۲ به همراه ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر (۰/۲۵۹ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) و تیمار تلقیح بارور-۲ به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفره (۰/۲۴۷ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) بدست آمد. در مقایسه تیمارهای کودی با تیمار شاهد شیمیایی (NPK توصیه شده برای گیاه) میزان کلروفیل b (۰/۳۴۳ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی و شیمیایی فسفر بر صفات مختلف عملکرد سرشاخه، هیپریسین و کلروفیل گل‌راعی

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات						
		میزان هیپریسین	عملکرد هیپریسین در هکتار	عملکرد سرشاخه گلدار در هکتار	عملکرد بیولوژیک	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b
تکرار	۲	۱۲۵/۰۱۹ ns	۲۶۴۳/۵۹ **	۳۱۹۷۲۴/۱۳ **	۸۵۸۳/۹۵۷ **	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns
کود بارور۲ (B)	۱	۸/۱۶۷ ns	۴/۷۲۶ ns	۹۵۷۳/۳۵ ns	۲۲۵۲/۹۹ *	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۰۴ ns
فسفر (P)	۲	۲۰۵۸/۹۰۷**	۲۷۹۴/۲۱۴ **	۴۵۴۰۳/۴۶ ns	۲۰۶/۵۸۷ ns	۰/۰۱ *	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۳ ns
ورمی‌کمپوست (V)	۲	۲۵۶/۱۳ ns	۷۷۹۱/۶۶۸ **	۳۶۵۹۲۵/۵۷ **	۱۳۱/۴۹۵ **	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲ ns
B×P	۲	۱۰/۷۲۲ ns	۲۲۷۶۹/۰۴۱ **	۷۶۲۱۳۹/۲۴ **	۱۷۲/۸۴ **	۰/۰۱۸ **	۰/۰۰۷ **	۰/۰۰۴ ns
B×V	۲	۶۴۲/۳۸۹ ns	۲۳۴۳/۴۵۵ *	۱۰۱۱۹/۹ ns	۲۳۷/۶۳۲ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۵ *
P×V	۴	۷۱۶/۲۴۱ ns	۲۷۹۵/۳۶۸ **	۲۴۶۰۷۷/۲۹ **	۷۶۳/۲۴۸ **	۰/۰۰۹ *	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۳ ns
B×P×V	۴	۷۰۰/۹۴۴ ns	۵۵۴۱/۲۴۹ **	۱۴۹۷۳۸/۹۶ **	۶۱۶/۹۷۳ **	۰/۰۱۴ **	۰/۰۰۵ **	۰/۰۰۵*
خطای آزمایش	۳۴	۴۰۴/۵۲۸	۷۳۱/۳۴۸	۲۸۷۲۷/۵۸	۳۸۱/۳۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
c.v		۱۵/۵۴	۲۰	۱۶/۵۶	۱۰/۳۷	۱۰/۱۰	۱۱/۱۲	۱۲/۲۷

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف عملکرد سرشاخه گلدار، میزان و عملکرد هیپریسین، کلروفیل در ازای مصرف کود و تلقیح باکتری بر گل‌راعی

سطوح تیمارهای کودی	عملکرد سرشاخه گلدار در هکتار (کیلوگرم در هکتار)	میزان هیپریسین (mg/kg)	عملکرد هیپریسین در هکتار (گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	کلروفیل کل (mg/gr) برگ تازه	کلروفیل a (mg/gr) برگ تازه	کلروفیلb (mg/gr) برگ تازه
سطوح فسفر							
۰ کیلوگرم در هکتار	۹۷۰/۷۸ a	۱۲۶/۴۴ b	۱۲۸/۰۲ b	۱۸۴/۴۷ a	۰/۵۲۸ b	۰/۲۲۶ a	۰/۳۰۱ a
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱۰۷۰/۸۹ a	۱۳۰/۳۹ ab	۱۴۹/۶۳ a	۱۹۰/۶۳ a	۰/۵۴۰ ab	۰/۲۲۳ a	۰/۳۱۶ a
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱۰۲۷/۹۴ a	۱۳۱/۴۴ a	۱۲۸/۰۷ b	۱۸۹/۹۹ a	۰/۵۷۴ a	۰/۲۴۷ a	۰/۳۲۸ a
سطوح کود بارور							
عدم تلقیح	۱۰۳۶/۵۲ a	۱۲۹/۰۴ a	۱۳۴/۹۴ a	۱۸۱/۹۱ b	۰/۵۳۸ a	۰/۲۳۰ a	۰/۳۰۷ a
تلقیح	۱۰۰۹/۸۹ a	۱۲۹/۸۲ a	۱۳۵/۵۴ a	۱۹۴/۸۳ a	۰/۵۵۷ a	۰/۲۳۴ a	۰/۳۲۴ a
سطوح ورمی‌کمپوست							
۰ تن در هکتار	۸۶۸/۵ b	۱۲۸/۱۷ a	۱۱۵/۸۷ b	۱۵۷/۵۲ b	۰/۵۵۰ a	۰/۲۳۴ a	۰/۳۱۳ a
۵ تن در هکتار	۱۱۴۹/۳۳ a	۱۳۳/۶۷ a	۱۵۷/۲۳ a	۲۰۷/۹۱ a	۰/۵۵۱ a	۰/۲۲۶ a	۰/۳۲۶ a
۱۰ تن در هکتار	۱۰۵۱/۷۸ a	۱۲۶/۴۴ a	۱۳۲/۶۱ b	۱۹۹/۶۷ a	۰/۵۴۱ a	۰/۲۳۶ a	۰/۳۰۷ a

در هر ستون مربوط به هر عامل حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

انه تلقیح کود فسفره بارور-۲ و کود فسفره، ورمی‌کمپوست و کود فسفره، کود ورمی‌کمپوست و کود فسفره بارور-۲ در گیاه دارویی گل‌راعی

ه گلدار در هکتار در هکتار)	میزان هیپریسین (mg/kg)	عملکرد هیپریسین در هکتار (گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	کلروفیل کل (mg/gr برگ تازه)	کلروفیل a (mg/gr برگ تازه)	کلروفیل b (mg/gr برگ تازه)
۹۹۲/۵	۱۲۹/۶۷ a	۱۳۱/۷۲ bc	۱۷۴/۰۷ cd	۰/۵۱۸ bc	۰/۲۳۱ ab	۰/۲۸۵ a
۸۷۴/۲	۱۳۸/۷۸ a	۱۲۲/۴۲ bc	۱۵۵/۳۴ d	۰/۴۹۹ c	۰/۱۹۹ b	۰/۲۹۹ a
۱۲۴۲/	۱۱۸/۶۷ a	۱۵۰/۶۸ ab	۲۱۶/۳۱ ab	۰/۵۹۶ a	۰/۲۵۹ a	۰/۳۳۷ a
۹۴۹	۱۲۹/۴۴ a	۱۲۴/۳۲ bc	۱۹۴/۸۸ bc	۰/۵۳۸ abc	۰/۲۲۰ ab	۰/۳۱۷ a
۱۲۶۷/	۱۴۱/۳۳ a	۱۷۶/۸۳ a	۲۲۵/۹۲ a	۰/۵۸۲ ab	۰/۲۴۷ a	۰/۳۳۴ a
۸۱۳/۲	۱۱۸/۶۷ a	۱۰۵/۴۶ c	۱۶۳/۶۸ d	۰/۵۵۱ abc	۰/۲۳۴ ab	۰/۳۲۰ a
۵۸۹/۶	۱۳۶ a	۸۱/۱ c	۱۱۴/۲۵ d	۰/۵۵۳ ab	۰/۲۳۶ ab	۰/۳۱۷ a
۱۳۰۳/	۱۲۰/۳۳ a	۱۷۰/۷۱ a	۲۳۲/۸ a	۰/۵۵۰ abc	۰/۲۳۰ ab	۰/۳۱۶ a
۱۰۱۹/۲	۱۳۲/۳۳ a	۱۳۲/۲۶ ab	۲۰۶/۳۷ ab	۰/۴۸۰ c	۰/۲۱۰ ab	۰/۲۷۰ a
۱۱۱۱/۲	۱۳۵/۱۷ a	۱۴۵/۹۶ ab	۱۹۹/۲ ab	۰/۵۶۱ ab	۰/۲۳۶ ab	۰/۳۱۶ a
۱۰۷۷/۸	۱۴۶/۸۳ a	۱۵۹/۹۸ ab	۱۹۲/۷ bc	۰/۵۲۴ bc	۰/۱۹۷ b	۰ /۳۲۷ a
۱۰۲۳/	۱۳۸/۱۷ a	۱۴۲/۹۴ ab	۱۸۰ bc	۰/۵۳۷ abc	۰/۲۳۷ ab	۰/۳۰۶ a
۹۰۴/	۱۱۳/۳۳ a	۱۲۰/۵۶ bc	۱۵۹/۱۲ c	۰/۵۳۶ abc	۰/۲۲۹ ab	۰/۳۰۵ a
۱۰۶۶/۸	۱۳۳/۸۳ a	۱۴۱/۰۱ ab	۱۹۸/۲۳ ab	۰/۵۸۰ ab	۰/۲۵۰ ab	۰/۳۳۵ a

ادامه جدول ۴-

کلروفیل b (mg/gr برگ تازه)	کلروفیل a (mg/gr برگ تازه)	کلروفیل کل (mg/gr برگ تازه)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	عملکرد هیپریسین در هکتار (گرم در هکتار)	میزان هیپریسین (mg/kg)	ه گلدار در هکتار در هکتار)
۰/۳۴۶ a	۰/۲۶۱ a	۰/۶۰۵ a	۲۱۲/۶۳ ab	۱۲۲/۶۴ bc	۱۰۸/۸۳ a	۱۱۱۲/
۰/۲۸۴ c	۰/۲۲۶ a	۰/۵۱۷ a	۱۵۱/۰۳ c	۱۰۴/۳۱ c	۱۲۱ a	۸۷۱/۲
۰/۳۳۱ ab	۰/۲۲۴ a	۰/۵۵۷ a	۲۰۵/۱ a	۱۶۸/۴۹ a	۱۳۷/۷۸ a	۱۱۸۹/
۰/۳۰۴ bc	۰/۲۳۹ a	۰/۵۳۹ a	۱۸۹/۵۹ ab	۱۳۲/۰۳ b	۱۲۸/۳۳ a	۱۰۴۸/
۰/۳۴۱ a	۰/۲۴۲ a	۰/۵۸۳ a	۱۶۴/۰۱ bc	۱۲۷/۴۳ bc	۱۳۵/۳۳ a	۸۶۵/۵
۰/۳۲۱ ab	۰/۲۲۷ a	۰/۵۴۵ a	۲۱۰/۷۲ a	۱۴۵/۹۸ ab	۱۲۹/۵۶ a	۱۱۰۸/
۰/۳۱۰ abc	۰/۲۳۳ a	۰/۵۴۳ a	۲۰۹/۷۴ a	۱۳۳/۱۹ b	۱۲۴/۵۶ a	۱۰۵۵/

عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

ه میانگین تیمارهای کودهای زیستی و شاهد بر برخی از صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی گل‌راعی در سال ۱۳۸۹

میزان هیپریسین (mg/kg)	عملکرد هیپریسین در هکتار (گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	کلروفیل کل (mg/gr برگ تازه)	کلروفیل a (mg/gr برگ تازه)	کلروفیل b (mg/gr برگ تازه)
۱۲۴/۳۳a	۶۶/۶۱ g	۸۱/۱۲ i	۰/۵۳۸ abcd	۰/۲۳۱ a	۰/۳۰۷ abc
۱۲۹/۶۷/۷ a	۱۷۱/۸۸ abc	۲۰۹/۲۷ abcd	۰/۵۶۳ abcd	۰/۲۵۶ a	۰/۳۰۱ abc
۱۳۵ a	۱۵۶/۶۸ abcde	۲۳۱/۸ ab	۰/۴۵۳ d	۰/۲۰۷ ab	۰/۲۴۶ c
۱۴۱ a	۱۳۹/۷۷ abcdef	۱۷۹/۰۳ cdefg	۰/۵۲۵ abcd	۰/۲۲۱ a	۰/۲۸۶ abc
۱۴۳/۳۳ a	۱۳۰/۴۳ bcdefg	۱۵۵/۹۷ efgh	۰/۴۴۶ d	۰/۱۳۴ b	۰/۳۱۲ abc
۱۳۲ a	۹۷/۰۷ efg	۱۳۱/۰۳ gh	۰/۵۲۶ abcd	۰/۲۴۱ a	۰/۲۹۹ abc
۹۷/۶۷ a	۱۰۶/۵۴ cdefg	۱۹۲/۹۳ bcdef	۰/۴۹۰ cd	۰/۲۲۶ a	۰/۲۶۰ bc
۱۴۰/۳۳ a	۲۰۳/۱۶ a	۲۵۰/۰۷ a	۰/۶۶۱ a	۰/۲۸۲ a	۰/۳۸۱ a
۱۱۸ a	۱۴۲/۳۵ abcdef	۲۰۵/۹۳ abcde	۰/۶۳۷ ab	۰/۲۶۹ a	۰/۳۶۸ ab
۱۴۷/۶۷ a	۹۵/۹۸ efg	۱۴۷/۳۷ fgh	۰/۵۶۹ abcd	۰/۲۴۲ a	۰/۳۲۷ abc
۱۱۱ a	۱۶۹/۵۴ abcd	۲۵۶/۳۳ a	۰/۵۳۷ abcd	۰/۲۰۵ ab	۰/۳۳۲ abc
۱۲۹/۶۷ a	۱۰۷/۸۴ cdefg	۱۸۰/۹۳ bcdefg	۰/۵۰۸ bcd	۰/۲۱۳ a	۰/۲۹۳ abc
۱۲۹/۳۳ a	۱۵۲/۱۴ abcde	۲۱۹/۳۷ abcd	۰/۵۹۶ abc	۰/۲۵۱ a	۰/۳۴۶ abc
۱۵۰/۳۳ a	۱۸۹/۵۳ ab	۲۲۹/۴۳ abc	۰/۶۰۲ abc	۰/۲۵۹ a	۰/۳۴۲ abc
۱۴۴/۳۳ a	۱۸۸/۸۱ ab	۲۲۸/۹۷ abc	۰/۵۴۷ abcd	۰/۲۳۲ a	۰/۳۱۴ abc
۱۲۹ a	۱۳۴/۵۷bcdef	۱۲۵/۳ hi	۰/۵۸۳ abcd	۰/۲۳۳ a	۰/۳۵۰ abc
۱۲۷/۳۳ a	۷۸/۸۶ fg	۱۴۶/۴ fgh	۰/۴۹۸ bcd	۰/۲۱۷ a	۰/۲۸۸ abc
۱/۴۸۶ a	۱۰۲/۹۳ defg	۲۱۹/۳۳ abcd	۰/۵۷۴ abcd	۰/۲۵۳ a	۰/۳۲۳ abc
۹۲ a	۹۲/۴۲ efg	۱۱۳/۷ defgh	۰/۶۰۲ abc	۰/۲۵۸ a	۰/۳۴۳ abc

ن میانگین تیمارها می‌باشند.

م، P3: ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)

V: ۵ تن در هکتار، V3: ۱۰ تن در هکتار)

بحث

کود فسفات زیستی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی گل‌راعی شد. در تفسیر این موضوع با توجه به اینکه شاخ و برگ و اندام‌های هوایی در گیاه تحت تأثیر فعالیت جذب ریشه، میزان انتقال آب و مواد غذایی از ریشه قرار دارد، می‌توان چنین استدلال کرد که فسفات زیستی به‌وسیله آزادسازی و جذب بیشتر فسفر موجب افزایش میزان فتوسنتز و بهبود عملکرد بیولوژیک در گیاه دارویی گل‌راعی گردید. نتایج تحقیقی دیگر نیز مبین بهبود معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و دانه در اثر مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات در یک گیاه دارویی از خانواده فرفیون به نام *Phyllanthus amarus* در مقایسه با تیمار شاهد بود (Annamali *et al*., 2004). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج بررسی‌های Rashmi و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه ریحان و Cabello و همکاران (۲۰۰۵) در گیاه دارویی نعناع مطابقت دارد.

همچنین در بررسی اثر متقابل باکتری حل‌کننده فسفات با کود شیمیایی فسفر بیشترین عملکرد بیولوژیک گل‌راعی در تیمار تلقیح بارور-۲ به همراه نصف کود فسفره توصیه شده، بدست آمد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که با مصرف باکتری حل‌کننده فسفات می‌توان میزان کود شیمیایی فسفر را تا ۵۰٪ کاهش داد. این موضوع با پژوهش‌های Falahi و همکاران (۲۰۰۹) روی گیاه دارویی بابونه آلمانی، Alijani و همکاران (۲۰۱۰) روی گیاه دارویی بابونه و Darzi و همکاران (۲۰۱۱) روی گیاه دارویی آنیسون مطابقت دارد.

استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش بیشتر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه دارویی گل‌راعی گردید. دلیل آن را می‌توان چنین بیان کرد که احتمالاً افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها تدارک عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک را نیز فراهم کرده است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (Tomati *et al*., 1987) و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Arancon *et al*., 2004) باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه می‌شود و با افزایش نیتروژن، سبب افزایش رشد گیاه گل‌راعی می‌شود. در همین رابطه پژوهش Pandey (۲۰۰۵) روی گیاه دارویی درمنه (*Artemisia pallens*) بیانگر آن بود که مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای گیاهی موجب بهبود قابل‌ملاحظه گلدهی این گیاه دارویی در مقایسه با تیمار شاهد گردید. وی در تفسیر نتایج خود بیان کرد که بکارگیری ورمی‌کمپوست از طریق کنترل آفات و بیماریهای خاکزی و بهبود واکنش‌های حیاتی مفید در خاک و نیز احتمالاً جذب آب و عناصر غذایی، باعث افزایش رشد و نمو و گلدهی گیاه می‌شود. او همچنین اظهار داشت که بهبود عملکرد اسانس در این گیاه ناشی از افزایش ماده خشک حاصل از مصرف ورمی‌کمپوست بود. نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیقات عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) روی گیاه دارویی ریحان، Darzi و همکاران در گیاه دارویی رازیانه (۲۰۰۹) و آنیسون (۲۰۱۱) Sanchez و همکاران (۲۰۰۸) روی گیاه دارویی بارهنگ و Sanchez و همکاران (۲۰۰۵) در گیاه دارویی همیشه بهار و بابونه مطابقت دارد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان عملکرد سرشاخه گلدار گل‌راعی در اثر استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات به همراه نصف کود شیمیایی توصیه شده برای گیاه بدست آمد. در این زمینه بسیاری از محققان نشان دادند که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات، فسفر تثبیت شده درون خاک را حل نموده و استفاده گیاه از آن موجب عملکرد بالاتر محصولات زراعی شده است (Gull *et al*., 2004). در ارتباط با افزایش عملکرد سرشاخه‌های گلدار در اثر مصرف کود زیستی به همراه نصف کود شیمیایی می‌توان چنین بیان کرد که باکتری‌های حل‌کننده فسفات ممکن است باعث بهبود

تولیدات گیاهی از طریق تولید متابولیسم‌های ثانویه شود. همچنین شواهدی در ارتباط با بهبود رشد گیاهان بوسیله باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق تولید اکسین (Patten & Glick, 2002؛ Shahab *et al.*, 2009) و Siderophore (Koo & Cho, 2009) وجود دارد که این امر باعث شده که باکتری‌های حل‌کننده فسفات مناسبترین کود بیولوژیک به‌منظور مصرف بهینه کود شیمیایی فسفر در گیاهان دارویی به‌خصوص گل‌راعی شود. در همین رابطه Shaalan (۲۰۰۵a,b) در مطالعات خود نشان داد که مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات (*Pseudomonas* sp.) و *Bacillus megaterium*) موجب بهبود بارز ویژگی‌هایی مانند ارتفاع بوته، تعداد گل و عملکرد دانه در گیاه دارویی گل گاوزبان (*Borago officinalis*) و نیز افزایش چشمگیر صفاتی مانند ارتفاع بوته و عملکرد دانه در گیاه دارویی سیاه‌دانه گردید. در تحقیق دیگری که Alijani و همکاران (۲۰۱۰) روی گیاه دارویی بابونه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد گل، عملکرد گل خشک و عملکرد اسانس و درصد اسانس در تیمار تلفیق کود زیستی بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر حاصل گردید. این موضوع با پژوهش‌های Falahi و همکاران (۲۰۰۹) بر گیاه دارویی بابونه آلمانی و Annamali و همکاران (۲۰۰۴) روی فرفیون مطابقت دارد. از طرفی کود فسفات زیستی به همراه ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار باعث کاهش عملکرد سرشاخه گلدار گل‌راعی و سایر صفات مورد اندازه‌گیری گردید. علت آن را می‌توان به این صورت تفسیر کرد که افزایش میزان فسفر خاک، سبب کاهش عملکرد ناشی از نسبت بالای فسفر به روی یا فسفر به آهن، تجمع بر، مولیبدن و کادمیوم در بافت‌های گیاهی می‌شود (Hamilton *et al.*, 1993). این امر موجب کاهش میزان عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد هیپریسین شده‌است. بنابراین استفاده از کود فسفات زیستی به همراه میزان مناسب کود شیمیایی فسفر برای بدست آوردن حداکثر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی امری ضروریست.

نتایج بدست آمده از آزمایش نشان داد که هیچ یک از تیمارهای کودی بر میزان هیپریسن اثر معنی‌داری نداشت. افزایش کیفیت در گل‌راعی در اثر مصرف کودهای زیستی ناشی از افزایش عملکرد هیپریسن بود. در این راستا می‌توان بیان کرد که برای افزایش ماده مؤثره گیاهان دارویی راه‌های متفاوتی وجود دارد که از میان آنها می‌توان به افزایش وزن ماده خشک تولیدی به شرط ثابت بودن درصد ماده مؤثره، تغییر در نسبت اندام‌های ذخیره‌کننده ماده مؤثره و همچنین تغییر در میزان تجمع این مواد اشاره کرد. تحقیقات نشان داده‌است که عملیات زراعی مانند تغذیه اغلب به‌طور غیرمستقیم بر متابولیت‌های ثانویه مؤثر هستند (مانند تأثیر تغذیه بر اسانس‌ها و گلیکوزیدها) و بندرت این عوامل به‌طور مستقیم عمل می‌نمایند (مانند تأثیر تغذیه نیتروژن بر آلکالوئیدها) (Franz, 1983). با توجه به اینکه گل‌ها از مهمترین اندام‌های حاوی هیپریسین در گل‌راعی هستند (Martonfi & Repcak, 1994؛ Palevitch, 1987) و همچنین گزارشی در مورد تأثیر عناصر ماکرو بر متابولیسم‌های بیوسنتزی فلاونوئیدها وجود ندارد، پس افزایش در نسبت اندام ذخیره‌کننده و سازنده هیپریسین از مهمترین راه‌های افزایش هیپریسین و بهبود کیفیت این محصول است. مصرف کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد سرشاخه گلدار گیاه دارویی گل‌راعی شد که نتیجه آن بهبود عملکرد هیپریسین ناشی از افزایش ماده خشک حاصل از مصرف کودهای بیولوژیک بود. در همین راستا در بررسی اثر نیتروژن و فسفر بر تولید ترکیب‌های شیمیایی ارقام Anthos، Elixir Standard و Topas نشان داده شد که با تأمین این دو ماده شیمیایی، میزان هیپریسین اندکی افزایش یافت و اختلاف معنی‌دار نبود (Barl *et al.*, 2002). این موضوع با نتایج تحقیق Sanchez و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایشی در کشور کوبا با موضوع اثر کودهای بیولوژیک روی گیاه دارویی بابونه مطابقت دارد. تیمارهای کودی در بابونه باعث افزایش عملکرد گل شد اما بر کیفیت اثری نداشت. بنابراین می‌توان اظهار داشت که تیمارهای مطلوب

کودهای زیستی در مقایسه با تیمار کود شیمیایی شاهد، به‌مراتب شرایط مناسبتری را برای بهبود فعالیت میکروارگانیزم های مفید در خاک فراهم کرده و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی ماکرو و میکرو توسط ریشه، موجب ازدیاد رشد و به دنبال آن افزایش بیوماس گیاهی می‌شوند. در آخر توجه به این نکته ضروری است که با توجه به اینکه هدف از کشت گل راعی عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد هیپریسین می‌باشد، در مقایسه کلی میزان هیپریسین ارقام خارجی و ارقام برداشت شده از منابع طبیعی ایران در تحقیقات انجام شده، می‌توان نتیجه گرفت که میزان هیپریسین در ارقام بومی ایران بسیار بالاتر از میزان آنها در ارقام خارجی است. به عنوان مثال میزان هیپریسین تولیدی سرشاخه گلدار در سوییس از ۱۰۰ppm تا ۱۰۰۰ppm گزارش شد (Kartnig & Heydel, 1993). در حالی‌که میزان هیپریسین از گونه‌های جمع‌آوری شده از منابع طبیعی ایران ۱۹۰۰ppm گزارش شده‌است (Jaymand *et al*., 2007). در نتیجه به نظر می‌رسد که استفاده از ارقام خارجی بدون کیفیت موجب پایین بودن مقادیر هیپریسین و عملکرد آن می‌شود. بنابراین می‌توان بیان کرد که زراعی کردن ارقام بومی ایران باعث افزایش چشمگیر میزان هیپریسین و عملکرد آن می‌شود.

منابع مورد استفاده

- صالح راستین، ن.، ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار: ۵۴-۱. خاوازی، ک. و ملکوتی، م.ج.، (مؤلفان)، مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشر آموزش کشاورزی، ۶۰۴ صفحه.
- صمصام شریعت، ه.، ۱۳۷۴. پرورش و تکثیر گیاهان دارویی. انتشارات مانی، اصفهان، ۴۲۰ صفحه.
- عباس‌زاده، ب.، ۱۳۸۴، تأثیر سطوح مختلف و روشهای مصرف کود نیتروژن بر میزان اسانس بادرنجبویه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- عزیزی، م.، لکزیان، ا. و باغانی، م.، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر مقادیر متفاوت ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های رشد و میزان اسانس ریحان اصلاح شده. خلاصه مقالات دومین همایش گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ۸-۷ بهمن: ۶۲.
- ملکوتی، ج.، ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش ترویج کشاورزی، ۴۵۰ صفحه.
- معلم، ا.ح. و عشقی‌زاده، ح.ر.، ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیک: مزیتها و محدودیت‌ها. خلاصه مقالات دومین همایش ملی بوم‌شناسی ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان،۲۶-۲۵ مهر: ۴۷.
- Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R., 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 60: 7-11.
- Alijani, M., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and Mohammad Rezaye, S., 2010. The effects of phosphorous and nitrogen rates on yield, yield components and essential oil percentage of *Matricaria recutita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(1): 110-113.
- Annamali, A., Lakshmi, P.T.V., Lalithakumari, D. and Murugesan, K., 2004. Optimization of biofertilizers on growth, biomass and seed yield of *Phyllanthus amarus* (Bhumyamalaki) in sandy loam soil. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Sciences, 26(4): 717-720.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D., 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 1. effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93(2): 145-153.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A. and Bierman, P., 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2, effects on soil microbiological and chemical properties. Bioresource Technology, 97(6): 831-840.
- Arnon, D.L., 1994. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.
- Astaraei, A.R., 2006. Effect of municipal solid waste compost and vermicompost on yield and yield components of *Plantago ovate*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(3): 180-187.
- Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D., 2002. The influence of earthworm-

systems. Soil Science Society of America Journal, 57(5): 1310-1315.
- Jaymand, K., Rezaei, M.B., Mozafarian, V.A., Azadi, R., Naderi Haji Bagherkandi, M., Meshkizadeh, S. and Golipour, M., 2007. Determination of hypericin content in flowers and leaves of eight *Hypericum* species. Journal of Medicinal Plants, 7(25): 26-55.
- Kartnig, T. and Heydel, B., 1993. Effects of visible and ultraviolet light on the production of hypericin and flavonoids in cell cultures of *Hypericum perforatum*. Planta Medica, 59: A654.
- Koochaki, A., Tabrizi, L. and Ghorbani, R., 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Journal of Iranian Field Crop Research, 6(1): 127-137.
- Koo, S.Y. and Cho, K.S., 2009. Isolation and characterization of a plant growth promoting rhizobacterium *Serratia* sp. SY5. Journal of Microbiology and Biotechnology, 19(11): 1431-1438.
- Lake, R. 1997. The power of medicinal plants. Canadian Journal of Health and Nutrition, 175: 13.
- Linde, K., Ramirez, G., Mulrow, C.D., Pauls, A., Weidenhammer, W. and Melchart, D., 1996. St. Johns wort for depression: an overview and metaanalysis of randomized clinical trials. British Medical Journal, 313(7052): 253-258.
- Martonfi, P. and Repcak, M., 1994. Secondary metabolites during flower ontogonism of *Hypericum perforatum* L. Zahradnictvi, 21: 37-44.
- Palevitch, D., 1987. Recent advances in cultivation of medicinal plants. Acta Horticulture, 208: 29-34.
- Pandey, R., 2005. Management of *Meloidogyne incognita* in *Artemisia pallens* with bio organics. Phytoparasitica, 33(3): 304-308.
- Patten, C.L. and Glick, B.R., 2002. Role of *Pseudomonas* putida indole acetic acid in development of the host plant root system. Applied and Environmental Microbiology, 68(8): 3795-3801.
- Rashmi, K.R., Earanna, N. and Vasundhara, M., 2008. Influence of biofertilizers on growth, biomass and biochemical constituents of *Ocimum gratissimum*. L. Biomedicine, 3(2): 123-130.
- Sanchez, E.G., Rodrigues Gonzales, H. and C., Carballo Guerra. 2005. Ifluencia de los abonos organicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 10(1):1.
- Sanchez, G.E., Carballo, G.C. and Ramos, G.S.R., 2008. Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *Plantago lanceolata* L. processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology, 81(2): 103-108.
- Barl, B., Dragland, S. and Salamon, I., 2002. The effect of soil nutrients on the phytochemical profile of nutraceutical crops. Proceedings of the Symposium on Fertilizing Crops for Functional Food, Indiana, USA, 11 November: 6: 1-3.
- Cabello, M., Irrazabal, G., Bucsinszky, A.M., Saparrat, M. and Schalamuk, S., 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*, and a rock phosphate-solubilizing fungus, *Penicillium thomii*, on *Mentha piperita* growth in a soilless medium. Journal of Basic Microbiology, 45(3): 182-189.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Rejali, F., 2009. The effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24(4): 396-413.
- Darzi, M.T., Hadjseyed Hadi, M.R. and Rejali, F., 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(4): 452-465.
- Falahi, J., Kouchaki, A.R. and Rezvani Moghadam, P., 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Journal of Iranian Field Crop Research, 7(1): 127-135.
- Franz, Ch., 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulturae, 132: 203-215.
- Gharib, F.A., Moussa, L.A. and Massoud, O.N., 2008. Effect of compost and Bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture & Biology, 10(4): 381-387.
- Goldstein, A.H., Braverman, K. and Osorio, N., 1999. Evidence mutualism between a plant growing in a phosphate-limited desert environment and a mineral phosphate solubilizing (MPS) bacterium. FEMS Microbiological Ecology, 30(4): 295-300.
- Gull, M., Hafeez, F.Y., Saleem, M. and Malik, K. A., 2004. Phosphorus uptake and growth promotion of chickpea by co-inoculation of mineral phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobial culture. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44(6): 623-628.
- Hamilton, M.A., Westermann D.T. and James, D.W., 1993. Factors affecting Zinc uptake in cropping

Revista Cubana de Plantas Medicinales, 13(1): 12-15.
- Shaalan, M.N., 2005a. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis* L.). Egyptian Journal of Agricultural Research, 83(1): 271-284.
- Shaalan, M.N., 2005b. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. plants. Egyptian Journal of Agricultural Research, 83(2): 811-828.
- Shahab, S., Ahmed, N. and Khan, N.S., 2009. Indole acetic acid production and enhanced plant growth promotion by indigenous PSBs. African Journal of Agricultural Research, 4(11): 1312-1316.
- Tomati, U., Grappelli, A. and Gall, E., 1987. The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. Biology and Fertility of Soils, 5(4): 288-294.
- Vadiraj, B.A., Gangaiah, S. and Poti, N., 1998. Effect of vermicompost on the growth and yield of turmeric. South Indian Horticulture, 46: 176-179.

The effects of Bio fertilizers and chemical phosphorus fertilizers on quantity and quality yield of John's wort (*Hypericum perforatum* L.)

Sh. Shafiee Adib[1*], M. Amini Dehaghi[2] and S.A.M. Modares Sanavi[3]

1*- Corresponding author, MSc. Student, Shahed University, Tehran, Iran, E-mail: ss.adib88@gmail.com
2- Medicinal Plants Research Center and Shahed University, Tehran, Iran
3- Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: January 2012 Revised: March 2013 Accepted: July 2013

Abstract

In order to study the effects of biofertilizers on the quantity and quality of John's wort (*Hypericum perforatum* L.), an experiment was conducted at Shahed University in 2010. The studied factors included phosphatic biofertilizer (inoculated and non-inoculated), phosphorous fertilizer at three levels (0, 100, 200 kg/h) and vermicompost (0, 5, 10 ton/h). The study was conducted in a factorial experiment in the form of a randomized complete blocks design (RCBD) with three replications. In addition, one plot was considered as control group in each replication to be compared with other plots in which only chemical fertilizers (NPK: 250, 200 and 100 kg/h) were used. Results showed that the highest biological yield, flowering shoot yield, and hypericin yield were obtained by applying vermicompost at 5 ton/ha, and there was no significant difference between the application rates of 5 and 10 ton/ha. The interaction effects of phosphatic biofertilizer (inoculated) and phosphorous fertilizer were significant, so that the highest biological yield, flowering shoot yield, hypericin yield and chlorophyll a were obtained by applying 100 kg/ha P2O5 plus phosphatic biofertilizer, having no significant difference with the application rate of 200 kg/ha P2O5. Significant differences were found between biofertilizer treatments and control group. According to the obtained results, it seems that biofertilizers can be considered as a replacement for chemical fertilizers.

Keywords: John's wort (*Hypericum perforatum* L.), hypericin, biofertilizers, phosphorus biofertilizer, vermicompost.