نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۷۳۸-۷۲۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 722-738
ISSN: 2008 - 4730

اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیر (*Allium sativum* L.) در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مختلف

یاسر اسماعیلیان[۱]- محمد بهزاد امیری[۲*]- صادق عسکری نائینی[۳]- جلیل مرادی صدر[۴]- فرهاد حیدری عمله[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۰

چکیده

در سال‌های اخیر، توجه به سلامت محصولات کشاورزی و به‌ویژه گیاهان دارویی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و از این رو کاربرد نهاده‌های بوم‌سازگار در تولید این گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است. به‌منظور بررسی اثر کاربرد همزمان کودهای زیستی و کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیر (*Allium sativum* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مجتمع آموزش عالی گناباد به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کودهای آلی و شیمیایی مختلف شامل ۱- ورمی‌کمپوست، ۲- کود گاوی، ۳- کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و ۴- شاهد (عدم کاربرد کود) به‌عنوان عامل اصلی و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه شامل ۱- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* spp. و *Azospirillum* spp.، با 10^8 CFU=C/ml در زمان تولید کود)، ۲- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.، با 10^7 CFU=C/ml در زمان تولید کود) و ۳- شاهد (عدم کاربرد کود) به‌عنوان عامل فرعی مدنظر قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد جداگانه‌ی کود شیمیایی تأثیر چندانی در بهبود قطر سوخ نداشت، ولی استفاده‌ی همزمان از کود شیمیایی و بیوفسفر منجر به افزایش ۱۸ درصدی قطر سوخ نسبت به شاهد شد. کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی وزن سوخک در بوته را ۴۱ درصد نسبت به کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین افزایش داد. کاربرد بیوفسفر به همراه کودهای ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی به‌ترتیب افزایش ۲۵، ۱۸ و ۱۵ درصدی عملکرد زیستی را نسبت به کاربرد جداگانه‌ی این کود سبب شد. بیشترین عملکرد اقتصادی (۵۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی حاصل شد. به‌طور کلی با توجه به یافته‌های این پژوهش، با کاربرد همزمان کودهای آلی و بیولوژیک می‌توان ضمن تشدید اثرات مثبت کاربرد جداگانه‌ی هر یک از این کودها، خسارات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: بوم‌سازگار، بیوفسفر، سلامت محصول، عملکرد زیستی، نیتروکسین

مقدمه

حفظ محیط‌زیست و دستیابی به توسعه‌ی پایدار یکی از مباحث اصلی و اساسی است که با اجرای طرح‌های جامع اقتصادی و اجتماعی سرلوحه‌ی کشورهای مختلف جهان و از جمله ایران قرار گرفته است. از دیدگاه کشاورزی پایدار، خاک نه‌تنها یک بستر فیزیکی و شیمیایی به‌شمار می‌رود، بلکه همچون یک پیکره‌ی زنده است که با مدیریت موجودات زنده‌ی آن، می‌توان تنوع زیستی آن را حفظ کرده و افزایش داد. به همین منظور جهت برخورداری از یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند، ضروری به نظر می‌رسد (۳۶). یکی از راهکارهای کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی و افزایش تولید پایدار، استفاده از مواد آلی است (۲۰). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و عملکرد محصول را افزایش داده‌اند (۸). بروسارد (۱۴) اظهار داشت که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه شده و بدین ترتیب منجر به افزایش تعادل نیتروژن و کارآیی جذب فسفر می‌شود.

ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه‌ی فعالیت گونه ای از کرم‌های خاکی بر روی ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شود (۴۶). این کود آلی، سبک، فاقد بو و عاری از بذر

۱ و ۲- استادیاران مجتمع آموزش عالی گناباد
(*- نویسنده مسئول: (Email: amiri@gonabad.ac.ir
۳، ۴ و ۵- دانشجویان کارشناسی مهندسی تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی گناباد

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.60566

علف‌های هرز بوده و تهیه‌ی آن نسبت به کمپوست آسان‌تر و در مدت زمان کوتاهی انجام می‌گیرد (۹). ورمی‌کمپوست غنی از مواد شبه هورمونی و ویتامین‌ها بوده و عصاره‌ی آن به‌عنوان یک آفت‌کش قوی زیستی مطرح است که باعث افزایش جامعه‌ی میکروبی خاک و نگهداری عناصر غذایی برای دوره‌ای طولانی‌تر بدون اثرات منفی بر محیط می‌گردد (۴۰). ورمی‌کمپوست دارای خلل و فرج و زهکش مناسب، ظرفیت نگهداری آب بالا و سطوح زیاد برای جذب بالای مواد غذایی می‌باشد که به‌عنوان اصلاح‌کننده‌ی آلی خاک در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مختلف نقش مؤثری ایفا می‌کند. ورمی‌کمپوست، در مقایسه با مواد مادری اولیه دارای نمک محلول کم تر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان اسید هیومیک بیشتری است. ضمن این‌که این کود غنی از عناصر غذایی نظیر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم می‌باشد که به آسانی برای گیاه قابل جذب هستند (۱۰ و ۴۷). برخی محققین (۴) گزارش کردند که کاربرد ورمی کمپوست، بر میزان غلظت عناصر کم‌مصرف گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) اثر معنی‌داری داشت و با افزایش سطوح کاربرد آن، غلظت عناصر غذایی افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین غلظت عناصر غذایی در شرایط کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار ورمی کمپوست که در طی سه سال یا بیشتر مصرف شده‌اند، بدست آمد. برخی دیگر از محققین نشان دادند که کاربرد مقادیر متعادلی از ورمی‌کمپوست منجر به تولید بیشترین وزن تر و خشک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شد (۱۱).

کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که اثراتی چون افزایش باروری خاک، ماده آلی و غنی‌سازی خاک و در نهایت بهبود رشد و نمو گیاه را به همراه دارد و گزارش شده است که خاک‌هایی که کود حیوانی دریافت می‌کنند علاوه بر جمعیت میکروبی فعال‌تر و غنی‌تر، از مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات قابل دسترس بیشتری نسبت به خاک‌هایی که با کود غیرآلی تغذیه شده‌اند برخوردار بودند. مصرف کود دامی در کشاورزی سنتی جایگاه خاصی داشته و در حال حاضر می‌تواند نقش مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا کند. کودهای دامی حاوی اکثر عناصر مورد نیاز گیاهان هستند و علاوه برداشتن عناصر پرمصرف دارای ریزمغذی‌ها بوده و استفاده از آن‌ها در درازمدت تعادل غذایی خاک را در پی خواهد داشت (۱۲). آبرا و همکاران (۲) استفاده از کود دامی را جهت بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، بهبود ساختمان خاک و حفظ رطوبت بسیار مؤثر دانستند. بر اساس گزارش برخی محققین، مصرف کود گاوی کاملاً پوسیده، تعداد بذر در بوته زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) را از ۲۹۶ به ۳۶۴ بذر افزایش داد (۵). در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه ی آلمانی (*Matricaria recutita*) گزارش شد که کود گاوی دارای بیشترین عملکرد گل خشک بود و بیشترین عملکرد اسانس و مقدار کامازولین به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی و کمپوست بدست آمد (۲۲).

در سال‌های اخیر کاربرد فرآورده‌های زیستی در تغذیه‌ی گیاهان زراعی و دارویی به‌عنوان راهکارهای بنیادین برای توسعه‌ی سیستم‌های مدیریت تلفیقی تغذیه‌ی گیاه و به‌منظور افزایش کمی و کیفی مواد غذایی در واحد سطح از طریق تلفیق روش‌های تغذیه‌ی معدنی و آلی گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (۳۹). در سیستم‌های کشاورزی پایدار، استفاده از منابع تجدیدپذیری که حداکثر محاسن اکولوژیکی و حداقل مضرات زیست‌محیطی را دارا باشند، امری ضروری است (۳۶ و ۳۸). یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده‌ی بالقوه از میکروارگانیسم‌های مفید خاک‌زی است که به طرق مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (۵۲). این میکروارگانیسم‌ها با برقراری کنش متقابل با ریشه گیاهان در ریزوسفر، سبب بروز فواید بسیاری می‌شوند. برخی از این ریزموجودات اثرات مفیدی در بهبود رشد گیاه دارند و از آن‌ها تحت عنوان ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (PGPR)[1] یاد می‌شود (۱). به‌عبارت دیگر، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه شامل گروه متنوعی از باکتری‌های کلون کننده‌ی محیط ریشه و میکروارگانیسم‌های دیازوتروفیک[2] هستند و زمانی که به‌صورت هم‌یار[3] با یک گیاه رشد می‌کنند، سبب تحریک رشد و نمو گیاهان می‌شوند (۲۷ و ۵۲). سانچزگوین و همکاران (۴۶) در آزمایشی اثر کودهای زیستی را در دو گیاه دارویی بابونه آلمانی و همیشه بهار (*Calendula officinalis*) بررسی و گزارش کردند که کاربرد این کودها در همیشه بهار باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاه شد، درحالی‌که در بابونه افزایش عملکرد را به همراه داشت، ولی اثری بر کیفیت آن نداشت. قریب و همکاران (۲۴) در گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) گزارش کردند که کودهای آلی و بیولوژیک شامل کمپوست، *Azotobacter* و *Azospirillum* بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه اثرات قابل‌توجهی داشت. شالان (۴۹) طی آزمایشی در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی گزارش کرد که ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ی فرعی، وزن‌تر و خشک گل و برگ، عملکرد بذر، درصد اسانس و آلفالینولنیک اسید با کاربرد *Bacillus* (باکتری حل‌کننده‌ی فسفات) و *Azospirillum* و سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت و بهترین حالت از کاربرد توأم این تیمارها بدست آمد.

سیر (*Allium sativum* L.) گیاهی بومی مناطق مرکزی آسیا است، که دارای دامنه وسیعی از تنوع در مورفولوژی و تولیدمثل است (۴۸). از این گیاه به طور وسیعی در آشپزی به عنوان مکمل و طعم

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria
2- Deiazotrophic
3- Associative

دهنده گوشت استفاده می‌شود (۵۱). سیر برای درمان بسیاری از بیماری ها به ویژه بیماری‌های قلبی‌عروقی و سرطان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از دیگر خواص دارویی سیر می‌توان به تنظیم سطوح لیپید پلاسما و اثرات ضد مسمومیتی، ضد باکتریایی و ضد دیابتی آن اشاره کرد (۵۰).

با توجه به کاربردهای متعدد سیر در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، به‌نظر می‌رسد که با مدیریت صحیح نهاده‌ها می‌توان به عملکرد مطلوب و عاری از بقایای شیمیایی این گیاه دارویی دست یافت و از آنجایی‌که اطلاعات در زمینه‌ی مدیریت تغذیه‌ای این گیاه ارزشمند اندک است، این پژوهش با هدف بررسی اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه داوریی سیر در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مختلف انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ی تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۳ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه‌ی شمالی و ارتفاع ۱۰۸۵ متر از سطح دریا در زمینی به مساحت حدود ۲۰۰ متر مربع اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کودهای آلی و شیمیایی مختلف شامل ۱- ورمی‌کمپوست، ۲- کود گاوی، ۳- کود شیمیایی (ترکیب نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و ۴- شاهد (عدم کاربرد کود) به‌عنوان عامل اصلی و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه[1] شامل ۱- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* spp. و *Azospirillum* spp.، با $CFU=10^8$ C/ml در زمان تولید کود)، ۲- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.، با $CFU=10^7$ C/ml در زمان تولید کود) و ۳- شاهد (عدم کاربرد کود) به‌عنوان عامل فرعی مدنظر قرار گرفتند.

قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱).

برای اعمال کودهای آلی، میزان عناصر غذایی هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی تعیین (نتایج تجزیه‌ی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است) و سپس بر حسب نیاز غذایی سیر و بر حسب درصد نیتروژن موجود در خاک و کودهای آلی به‌ترتیب بر مبنای ۷ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، در مهرماه سال ۱۳۹۴ در سطح کرت‌های مورد نظر به‌طور یکنواخت پخش و بلافاصله توسط بیل دستی وارد خاک شدند. بر اساس منابع موجود (۲۸)، نیاز کودی سیر برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم از منبع شیمیایی، به‌ترتیب ۴۰، ۵۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. فسفر و پتاسیم همزمان با کاشت و نیمی از نیتروژن همزمان با کاشت و نیم دیگر آن اوایل فروردین ماه ۱۳۹۵ به خاک مزرعه اضافه گردید.

برای آماده‌سازی زمین با تأکید بر عملیات زراعی اکولوژیک، خاک‌ورزی حداقل انجام شد، به‌این‌ترتیب که پس از انجام دیسک سبک، کرت‌های آزمایشی با ابعاد ۲×۲ متر ایجاد شد. به‌دلیل کودی بودن ماهیت تیمارها و جلوگیری از اختلاط تیمارها با هم، برای هر بلوک آزمایشی یک لوله‌ی آبیاری جداگانه در نظر گرفته شد. برای اعمال کودهای زیستی، سوخک‌ها (با منشأ توده‌ی همدان) به مدت ۱۵ دقیقه در مایه تلقیح خیسانده و در مهرماه ۱۳۹۴ با فاصله‌ی ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر در ردیف‌هایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی از نیمه‌ی دوم اسفندماه به فاصله هر ۷ روز یک‌بار تا آخر فصل رشد به روش نشتی انجام شد. به‌منظور کنترل علف‌های هرز، تنها سه نوبت وجین دستی (به‌ترتیب ۲۵ اسفند ۱۳۹۴ و ۱۵ فروردین و ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۵) انجام گرفت. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره‌ی رشد، هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

در انتهای فصل رشد، پس از زرد شدن برگ‌ها، تمام سطح کرت های آزمایشی برداشت و عملکرد اقتصادی و بیولوژیک آنها تعیین شد. قبل از برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، قطر سوخ، وزن و تعداد سوخک در بوته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و وزن سوخک در بوته از ترازوی دیجیتالی با دقت ۱ هزارم گرم استفاده شد.

تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1، MS Excel Ver. 11 و Slide Write Ver. 2 و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی

اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۳). استفاده از کود زیستی بیوفسفر به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۳ و ۲۲ درصدی ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد (شکل ۱). نیتروکسین نیز به‌ترتیب افزایش ۳ و ۲۸ درصدی ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با شاهد در پی داشت که البته از نظر ارتفاع بوته این تفاوت با شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۱). ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی

۱- کودهای زیستی مورد مطالعه از شرکت مهرآسیا تهیه شدند.

به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته (۳۳/۱۳ سانتی‌متر) و وزن خشک اندام هوایی (۶/۳۵ گرم) در تیمار ورمی‌کمپوست محقق شد (جدول ۴). کود گاوی نیز افزایش ۲۳ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد را سبب شد، در حالی‌که استفاده از کودهای شیمیایی در بهبود صفات ذکر شده مؤثر نبود (جدول ۴).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه‌آزمایشی

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental field soil

بافت خاک Soil texture	نیتروژن Nitrogen (ppm)	فسفر Phosphorous (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
لومی–سیلت Silty loam	15.7	13.1	421	7.1	1.3

جدول ۲- خصوصیات کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Used organic fertilizers characteristics in experiment

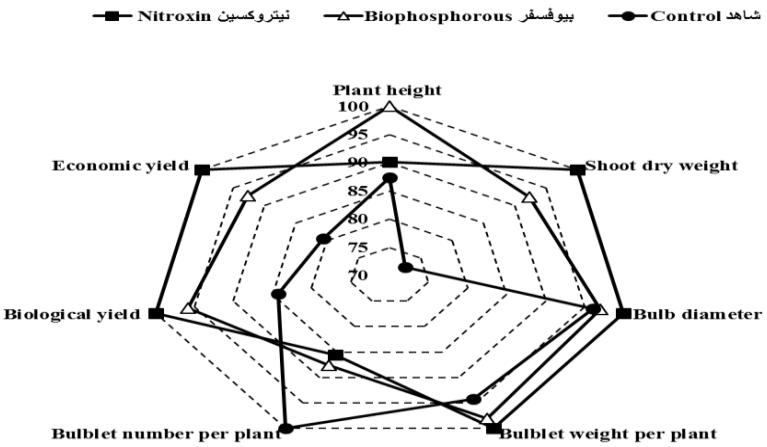
نوع کود آلی Type of organic fertilizer	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorous (%)	پتاسیم Potassium (%)
ورمی‌کمپوست Vermicompost	0.21	1.53	0.96
کود گاوی Cow manure	0.05	0.29	1.04

در بررسی اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف مشاهده شد که بیشترین ارتفاع بوته (۳۳/۶۶ سانتی‌متر) و وزن خشک اندام هوایی (۸/۱۰ گرم) در تیمار کاربرد همزمان نیتروکسین و ورمی‌کمپوست بدست آمد (جدول ۵). کود گاوی بیشترین تأثیرش را زمانی بر ارتفاع بوته گذاشت که همراه با بیوفسفر مورد استفاده قرار گرفت، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در تیمار کاربرد همزمان بیوفسفر و کود گاوی به‌ترتیب ۳۰ و ۲۴ درصد نسبت به تیمارهای کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی و کاربرد جداگانه‌ی کود گاوی بیشتر بود (جدول ۵). کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین و بیوفسفر اثر چندانی در بهبود وزن خشک اندام هوایی نداشت، ولی استفاده از این کودهای زیستی در بستر کودهای آلی ورمی‌کمپوست و کود گاوی افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) سبب شد (جدول ۵).

کودهای زیستی از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر افزایش دسترسی به نیتروژن به‌وسیله تثبیت نیتروژن (۴۵)، آزاد کردن متابولیت‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، افزایش جذب آب و مواد غذایی و کنترل بیولوژیک پاتوژن‌های خاک‌زاد (۱۹) باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند. شالان (۴۹) طی آزمایشی در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی گزارش کرد که ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ی فرعی، وزن‌تر و خشک گل و برگ، عملکرد بذر، درصد اسانس و آلفالینولنیک اسید با کاربرد *Bacillus* (باکتری حل‌کننده‌ی فسفات) و *Azospirillum* و سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت و بهترین حالت از کاربرد توأم این تیمارها بدست آمد. حسینی‌مزینانی و هادی‌پور (۲۹) گزارش کردند که استفاده از کودهای نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و میکوریزا وزن خشک گل در بوته‌ی همیشه بهار را به‌ترتیب از افزایش ۱۹، ۱۴ و ۱۱ درصدی در مقایسه با شاهد برخوردار ساخت. در پژوهشی دیگر گزارش شد که استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور منجر به افزایش عملکرد ماده‌ی خشک، ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی و تعداد گل در بوته سرخارگل (*Echinacea angustifolia* DC.) در مقایسه با کود شیمیایی و شاهد شد، ضمن این‌که استفاده‌ی ترکیبی از مایه‌ی تلقیح نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین میزان عملکرد ماده‌ی خشک را سبب شد (۳). یادگاری و همکاران (۵۵) گزارش کردند که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (حاوی *Pseudomonas fluorescens* و *Azospirillum lipoferum*) باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی لوبیا (*Phaseolis vulgaris*) نسبت به شاهد شد. ویواس و همکاران (۵۴) اثر *Glomus mosseae* و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (حاوی *Bacillus* sp.) را بر رشد اندام‌های هوایی کاهو (*Lactuca sativa* L.) مثبت گزارش کردند.

به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی با توجه به دارا بودن مقادیر مناسب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در طول دوره رشد (۱۲) باعث بهبود رشد اندام‌های رویشی و زایشی گیاه شدند و در نتیجه ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت. در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی چندین گیاه

دارویی گزارش شد که ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته‌ی سرخارگل و افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) شد (۱۸).



شکل ۱- تغییرات برخی از صفات مورد بررسی در گیاه دارویی سیر تحت تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (در هر صفت، تیماری مبنای مقایسه قرار گرفت که دارای بیشترین مقدار بود)

Figure 1- Changes of some studied traits in *Allium sativum* L. affected by interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria (In each trait, base of comparison was treatment with the highest amount)

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی خصوصیات گیاه دارویی سیر تحت‌تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 3- Analysis of variance (means of square) of some characteristics of *Allium sativum* affected by plant growth promoting rhizobacteria and application of organic and chemical fertilizers

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares						
		ارتفاع بوته Plant hieght	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	قطر سوخ Bulb diameter	وزن سوخک در بوته Bulblet weight per plant	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield
ریزوباکترهای محرک رشد گیاه PGPR	۲	55.88*	9.48**	2.18ns	3.46ns	8.41**	1695516**	1978402**
کود آلی و شیمیایی Organic and chemical fertilizer	۳	61.86**	5.81**	19.45**	75.42**	11.44**	2551068**	1147656**
ریزوباکترهای محرک رشد گیاه×کود آلی و شیمیایی PGPR×Organci and chemical fertilizer	۶	47.70**	5.07**	14.13**	10.47**	2.68**	363791*	611180*
خطای آزمایشی Experimental error	۲۴	11.04	0.83	0.84	2.60	0.60	141762	95625
درصد ضریب تغییرات Cv (%)	-	11.02	16.59	4.49	9.03	7.94	8.72	8.22

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم‌معنی‌دار

**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level and non-significant, respectively

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی خصوصیات گیاه دارویی سیر تحت‌تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 4- Mean comparison of some characteristics of *Allium sativum* affected by application of organic and chemical fertilizers

صفات مورد بررسی Studied traits	ورمی‌کمپوست Vermicompost	کود گاوی Cow manure	کود شیمیایی Chemical fertilizer	شاهد Control
ارتفاع بوته Plant height (cm)	33.13a	27.52c	31.48ab	28.41bc
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	6.35a	5.97ab	5.12bc	4.58c
قطر سوخ Bulb diameter (cm)	20.25b	22.55a	19.66bc	19.26c
تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant	8.46c	9.68b	9.72b	11.22a

در هر ردیف، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند

In each row, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.01$) based on Duncan's multiple range test

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی خصوصیات گیاه دارویی سیر تحت‌تأثیر اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 5- Mean comparison of of some characteristics of *Allium sativum* affected by interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria and application of organic and chemical fertilizers

تیمارهای کودی Fertilizer treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	قطر سوخ Bulb diameter (cm)	وزن سوخک در بوته Bulblet weight per plant (g)	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant
	نیتروکسین Nitroxin				
ورمی‌کمپوست Vermicompost	37.33a	8.10a	23.16ab	16.79cd	6.86f
گاوی Cow manure	23.63d	6.59abc	23.16ab	25.32a	10.00bc
شیمیایی Chemical fertilizer	29.90cd	5.29cd	19.50de	16.16d	9.20cde
شاهد control	29.63bcd	5.00cd	17.83e	15.02d	10.66abc
	بیوفسفر Biophosphorous				
ورمی‌کمپوست Vermicompost	33.66ab	7.03ab	18.33e	16.79cd	8.53de
گاوی Cow manure	33.56ab	7.34a	20.66cd	20.21b	8.00ef
شیمیایی Chemical fertilizer	34.53ab	4.56d	21.66bc	19.30bc	9.56cd
شاهد control	28.53bcd	4.11d	20.50cd	15.53d	11.53a
	شاهد Control				
ورمی‌کمپوست Vermicompost	28.40bcd	3.92d	19.26de	17.03cd	15.00def
گاوی Cow manure	25.36d	4.00d	23.83a	20.50b	17.33cd
شیمیایی Chemical fertilizer	33.03abc	5.53bcd	17.83e	16.15d	15.00def
شاهد control	27.06cd	4.63d	19.46de	15.37d	11.66g

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند

* In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan′s multiple range

در پژوهشی دیگر، اثر کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago psyllium* L.)، قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum* L.)، قدومه شهری (*Lepidium perfoilatum* L.) و تخم شربتی (*Lalementia iberica* L.) مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که تیمار کود گاوی منجر به تولید بیشترین ارتفاع گیاهان در مقایسه با سایر تیمارها شد، ضمن اینکه ارتفاع تمامی گیاهان مورد مطالعه در کودهای ورمی‌کمپوست، کمپوست قهوه و کمپوست قارچ نیز نسبت به شاهد بیشتر بود (۳۷). پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار گزارش شد که بیشترین وزن خشک گل در تیمار ورمی‌کمپوست به همراه تلقیح با کود فسفاته بارور بدست آمد (۴۱).

قطر سوخ

اگر چه اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر قطر سوخ معنی‌دار نبود (جدول ۳)، ولی قطر سوخ در شرایط کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌ترتیب ۴ و ۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۱). قطر سوخ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری‌که هر یک از کودهای ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی به‌ترتیب افزایش ۵، ۱۵ و ۲ درصدی قطر سوخ نسبت به شاهد را سبب شدند که البته از این نظر اختلاف کود شیمیایی با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۴).

نتایج اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف نشان داد که نحوه‌ی تأثیرگذاری کودهای آلی بر کارآیی کودهای نیتروکسین و بیوفسفر در بهبود قطر سوخ بسته به کود زیستی مورد استفاده متفاوت بود، به‌طوری‌که کاربرد همزمان نیتروکسین در بستر کودهای آلی ورمی‌کمپوست و گاوی قطر سوخ را ۲۳ درصد نسبت به کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین افزایش داد، در حالی‌که بیوفسفر زمانی که جداگانه استفاده شد تأثیر بیشتری در افزایش قطر سوخ نسبت به کاربرد همزمان بیوفسفر و ورمی‌کمپوست ایفا نمود (جدول ۵). کاربرد جداگانه‌ی کود شیمیایی تأثیر چندانی در بهبود قطر سوخ نداشت، ولی استفاده‌ی همزمان از کود شیمیایی و بیوفسفر منجر به افزایش ۱۸ درصدی قطر سوخ نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) شد (جدول ۵).

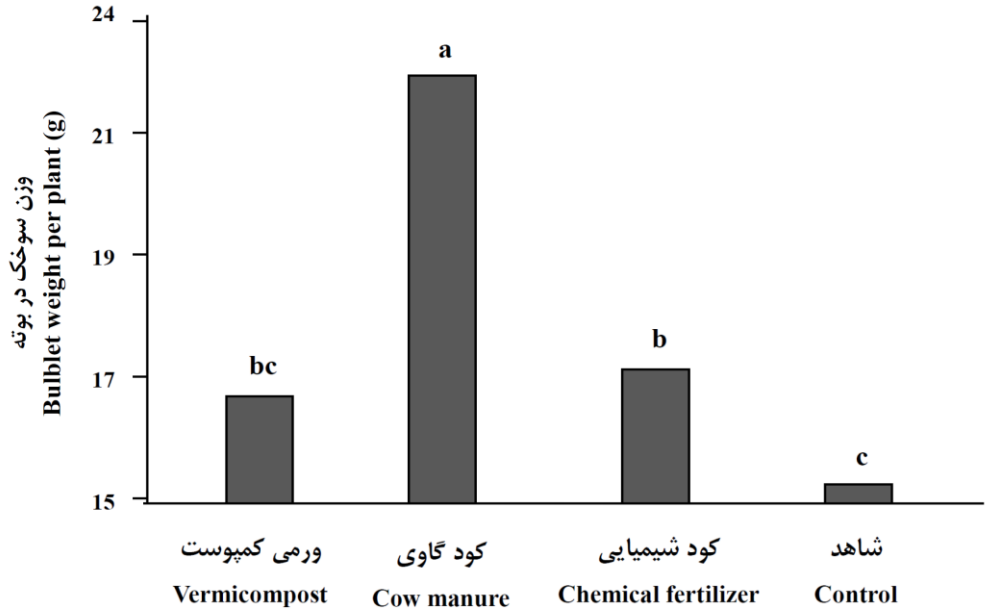
به نظر می‌رسد که ریزوباکترهای موجود در کودهای زیستی از طریق تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین (۱۹) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه شده‌اند. اثرات مثبت کودهای زیستی در بهبود کمی و کیفی برخی گیاهان دارویی ازجمله شوید (*Anethum graveolens* L.) (۳۲)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) (۳۳)، سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) (۴۹)، مرزنجوش، زیره سیاه اروپایی (*Carum carvi* L.) (۵۳)، آویشن (*Thymus vulgaris* L.) (۴۴) و ریحان (۱۵) و اسطوخودوس (*Lavandula stoechas* L.) (۳۴) گزارش شده است. فاتما و همکاران (۲۳) گزارش کردند که کودهای زیستی *Azotobacter*، *Azospirillum* و باکتری‌های حل‌کننده فسفات دارای اثر مثبت بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه دارویی مرزنجوش بودند. قریب و همکاران (۲۴) طی آزمایشی گلخانه‌ای در گیاه مرزنجوش گزارش کردند که کودهای آلی و زیستی شامل کمپوست، *Azotobacter* و *Azospirillum* بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه اثرات قابل‌توجهی داشت. غلامی و همکاران (۲۶) گزارش کردند که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس) باعث بهبود خصوصیات رشدی ذرت (*Zea mays* L.) شدند.

اثرات مثبت کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مختلف در آزمایشات متعددی (۴ و ۱۱) مورد تأکید قرار گرفته است. به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی احتمالاً از طریق بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی (۱۲) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه و از جمله قطر سوخ آن شدند. در یک پژوهش، در کشت ارگانیک ریحان مصرف کمپوست خصوصیات کمی و کیفی گیاه را بهبود بخشید (۲۱). در یک پژوهش اثر کودهای آلی و زیستی مختلف روی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که ورمی کمپوست چه به تنهایی و چه در کاربرد همزمان با کودهای بیولوژیک نیتروکسین و نیتراژین منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد (۴۲). در پژوهشی دیگر، اثر منابع کودی مختلف بر کمیت و کیفیت کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که کودهای گاوی و گوسفندی منجر به افزایش عملکرد میوه نسبت به شاهد شدند (۳۰).

وزن و تعداد سوخک در بوته

ریزوباکترهای محرک رشد گیاه وزن سوخک در بوته را تحت تأثیر اثرات مثبت خود قرار دادند، به‌طوری‌که وزن سوخک در بوته ۶ درصد در شرایط کاربرد نیتروکسین و ۴ درصد در شرایط کاربرد بیوفسفر نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۱)، که البته از این نظر تفاوت کودهای زیستی مورد مطالعه با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۳). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین وزن (۲۲/۰۱ گرم) در تیمار کود گاوی حاصل شد. کودهای ورمی‌کمپوست و شیمیایی نیز وزن سوخک در بوته را به‌ترتیب ۹ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۲).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ۵)، هر دو کود زیستی مورد مطالعه در بستر کود گاوی دارای بیشترین تأثیر بر وزن سوخک در بوته بودند، به‌عنوان مثال کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی وزن سوخک در بوته را به‌ترتیب ۳۴، ۳۶ و ۴۱ درصد نسبت به کاربرد همزمان این کود با هر یک از کودهای ورمی‌کمپوست، شیمیایی و کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین افزایش داد.



شکل ۲- اثر کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر وزن سوخک در بوته گیاه دارویی سیر

Figure 2- Effect of different organic and chemical fertilizers on weight of bulblet per plant in *Allium sativum* L

برای هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each trait, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan′s multiple range

اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر تعداد سوخک در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که با اعمال کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌ترتیب ۱۴ و ۱۲ درصد از تعداد سوخک در بوته در مقایسه با شاهد کاسته شد (شکل ۱). استفاده از کودهای آلی و شیمیایی نیز دارای اثر منفی بر تعداد سوخک در بوته بود، به‌طوری‌که کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی به‌ترتیب کاهش ۲۵، ۱۴ و ۱۳ درصدی تعداد سوخک در بوته را در مقایسه با شاهد در پی داشتند (جدول ۴). با توجه به اینکه تعداد سوخک‌ها در شرایط استفاده از ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (شکل ۱) و کودهای آلی و شیمیایی مختلف (جدول ۴) با کاهش مواجه شد، به‌نظر می‌رسد نهاده‌های مورد مطالعه به‌جای کمک به تولید تعداد زیادی سوخک کم‌وزن و کم‌حجم، اثرات مثبت خود در بهبود عملکرد گیاه را از طریق افزایش وزن و حجم سوخک‌ها نمایان ساختند (شکل ۲).

اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر تعداد سوخک در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که کاربرد جداگانه‌ی کودهای زیستی تأثیر بیشتری در افزایش تعداد سوخک در بوته در مقایسه با کاربرد آنها در بستر کودهای آلی داشت، به‌عنوان مثال تعداد سوخک در بوته در شرایط کاربرد همزمان نیتروکسین و کودهای ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب ۳۶ و ۶ درصد کمتر از تیمار کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین بود (جدول ۵). بیشترین تعداد سوخک در بوته (حدود ۱۲ عدد) در تیمار کاربرد جداگانه‌ی بیوفسفر حاصل شد (جدول ۵).

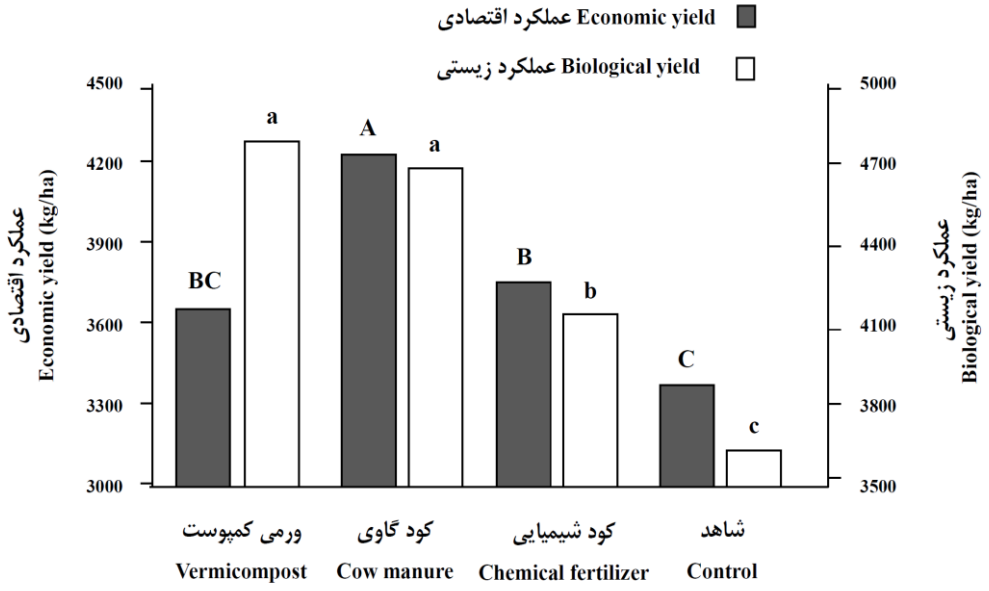
به‌نظر می‌رسد که ریزوباکترهای موجود در کودهای زیستی در کنترل قارچ‌های بیماری‌زا مؤثر بوده (۵۲) و از طریق ساز و کارهای مختلفی ازجمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه شده‌اند (۱). بررسی اثر کودهای زیستی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سرخارگل نشان داد که تمامی کودهای زیستی مورد مطالعه (کاربرد جداگانه و ترکیبی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور)، بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه را به همراه داشتند، ولی بیشترین وزن خشک برگ، عملکرد ماده‌ی خشک، طول ریشه و تعداد گل در بوته در تیمار ترکیبی نیتروکسین و بیوفسفر

مشاهده شد (۳). در یک پژوهش گزارش شد که استفاده از نهاده‌های اکولوژیک مختلف (اسید هیومیک، نیتروکسین، میکوریزا و استفاده‌ی ترکیبی این کودها) منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی و به‌ویژه وزن و تعداد دانه در بوته‌ی گندم (*Triticum aestivum* L.) شد (۳۹). قاسمی و همکاران (۲۵) اثر کودهای زیستی مختلف را بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه بررسی و گزارش کردند که کاربرد جداگانه و ترکیبی *Azotobacter* با میکوریزا بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه را به همراه داشت، به‌طوری‌که تعداد دانه در سنبله در گیاهان تحت تأثیر *Azotobacter* و *Azotobacter* به‌علاوه‌ی میکوریزا به‌ترتیب ۱۸ و ۴۱ درصد بیشتر از شاهد بود.

با توجه به وجود عناصرغذایی در کودهای آلی و تأثیری که این کودها در فراهمی و جذب مواد غذایی و رطوبت دارند (۴۰)، افزایش وزن و حجم سوخک در بوته در شرایط استفاده از این کودها منطقی به‌نظر می‌رسد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که کاربرد کودهای آلی بر رشد گیاه و خصوصیات خاک اثر مثبت داشته و مقدار موادغذایی در دسترس گیاه را افزایش می‌دهد (۴ و ۱۰). مصرف کودهای آلی باعث کاهش اثرات شوری و افزایش جذب فسفر و نیتروژن شده و در نتیجه بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان را به همراه دارد (۱۲). بر اساس نتایج پژوهشی در گیاه دارویی همیشه‌بهار، مصرف کودهای آلی به‌ویژه ورمی‌کمپوست، افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی در بوته و تعداد گل در بوته را به همراه داشت (۴۱). اثر کودهای آلی و زیستی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه نشان داد که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد گل، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و مقدار اسانس گیاه مورد نظر گردید (۱۶).

عملکرد زیستی و اقتصادی

ریزوباکترهای محرک رشد گیاه به‌طور معنی‌داری بر عملکرد زیستی و اقتصادی تأثیر داشت (جدول ۳)، به‌طوری‌که کاربرد کودهای نیتروکسین و بیوفسفر به‌ترتیب افزایش ۱۶ و ۱۲ درصدی عملکرد زیستی و به‌ترتیب افزایش ۱۹ و ۱۳ درصدی عملکرد اقتصادی را در مقایسه با شاهد سبب شدند (شکل ۱). همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود تمامی کودهای آلی و شیمیایی مورد مطالعه منجر به افزایش عملکرد زیستی و اقتصادی شدند، به‌طوری‌که عملکرد زیستی تحت تأثیر کودهای ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی به‌ترتیب ۲۴، ۲۲ و ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کرت‌های برخوردار از کودهای یاد شده به‌ترتیب از عملکرد اقتصادی ۸، ۲۰ و ۱۰ درصدی بیشتر در مقایسه با شاهد بهره‌مند شدند. بیشترین عملکرد زیستی (۴۷۸۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اقتصادی (۴۲۳۸ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی و ورمی‌کمپوست بدست آمد (شکل ۳).



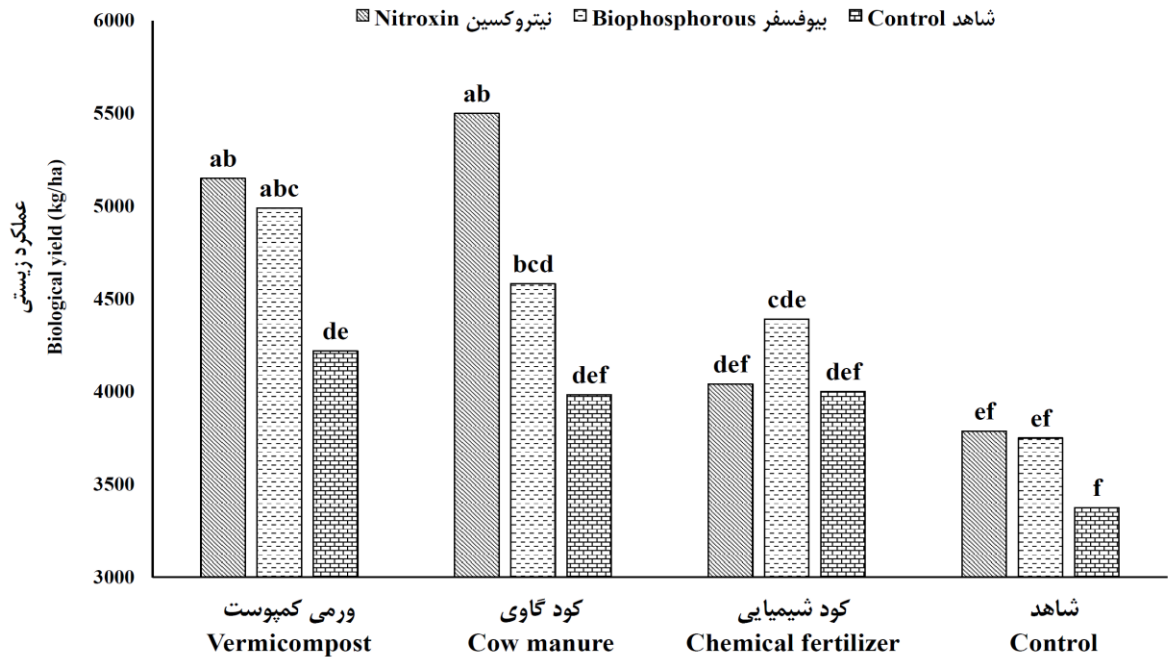
شکل ۳- اثر کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر عملکرد اقتصادی و زیستی گیاه دارویی سیر

Figure 3- Effect of different organic and chemical fertilizers on economic and biological yield of *Allium sativum* L

برای هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each trait, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range

در بررسی اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد زیستی مشاهده شد که اثرات هر دو کود زیستی مورد مطالعه در بهبود عملکرد زیستی در شرایط کاربرد کودهای آلی و شیمیایی تشدید شد، به‌طوری‌که کاربرد نیتروکسین به همراه کودهای ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی به‌ترتیب افزایش ۲۶، ۳۱ و ۶ درصدی عملکرد زیستی را نسبت به کاربرد جداگانه‌ی این کود سبب شد و بیوفسفر در کاربرد همزمان با کودهای ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی عملکرد زیستی را به‌ترتیب ۲۵، ۱۸ و ۱۵ درصد نسبت کاربرد جداگانه‌ی بیوفسفر افزایش داد (شکل ۴). کود شیمیایی تنها زمانی در بهبود عملکرد زیستی مؤثر بود که همراه با بیوفسفر مورد استفاده قرار گرفت و کاربرد جداگانه‌ی کود گاوی تأثیر چندانی در افزایش عملکرد زیستی نسبت به شاهد (عدم‌کاربرد کود) نداشت (شکل ۴).



شکل ٤- اثر متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه × کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد زیستی گیاه دارویی سیر

Figure 4- Interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria ×application of different organic and chemical fertilizers on biological yield of *Allium sativum* L

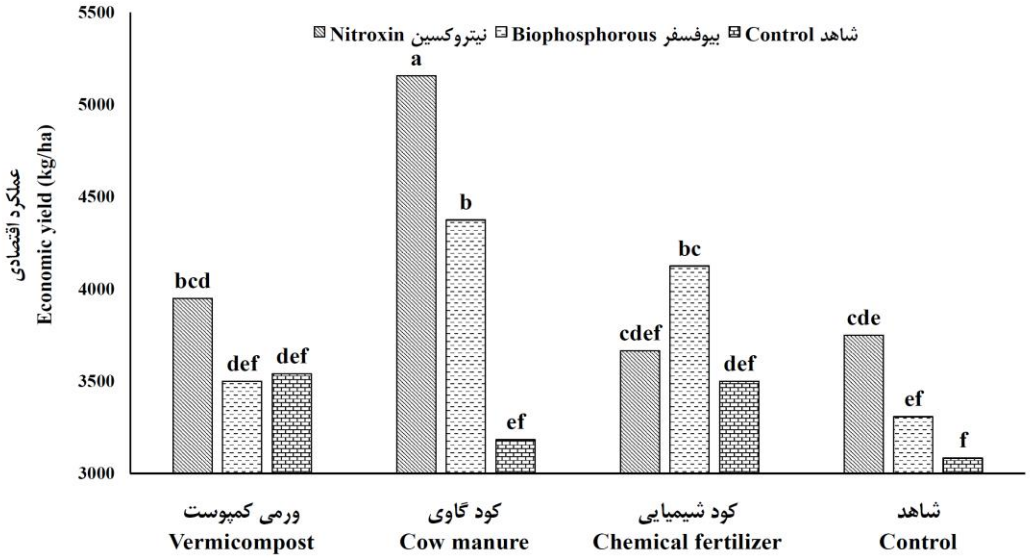
میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan′s multiple range

بیشترین عملکرد اقتصادی (۵۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی حاصل شد (شکل ۵). اثرات مثبت کودهای آلی ورمی‌کمپوست و کود گاوی در بهبود عملکرد اقتصادی در حضور ریزوباکترهای موجود در کود زیستی نیتروکسین تشدید شد، به‌طوری‌که عملکرد اقتصادی در کاربرد همزمان نیتروکسین و کودهای ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب ۱۰ و ۳۸ درصد بیشتر از کاربرد جداگانه‌ی کودهای آلی یاد شده بود (شکل ۵). بیوفسفر زمانی بیشترین تأثیرش را بر عملکرد اقتصادی نشان داد که همزمان با کود گاوی یا کود شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۵). کود شیمیایی به‌تنهایی اثر چندانی بر عملکرد اقتصادی نسبت به شاهد (عدم‌کاربرد کود) نداشت (شکل ۵). همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، بین عملکرد زیستی و اقتصادی همبستگی مثبت و معنی‌دار (R^2=۰/۵۷**) وجود داشت، لذا با توجه به اینکه استفاده از ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش عملکرد زیستی شد (شکل ۴)، بهبود عملکرد اقتصادی در شرایط استفاده از این کودها منطقی به نظر می‌رسد.

به نظر می‌رسد که استفاده توأم از ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کودهای آلی از طریق افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی و جلوگیری از آلودگی به عوامل بیماری‌زایی گیاهی باعث بروز اثرات هم‌افزایی این عوامل شده (۷) و در نتیجه عملکرد زیستی و اقتصادی بهبود یافت. سانچزگوین و همکاران (۴۶) در آزمایشی اثر کودهای زیستی را در دو گیاه دارویی بابونه آلمانی و همیشه‌بهار بررسی و

گزارش کردند که کاربرد این کودها در همیشه‌بهار باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاه شد، درحالی‌که در بابونه افزایش عملکرد را به همراه داشت، ولی اثری بر کیفیت آن نداشت.

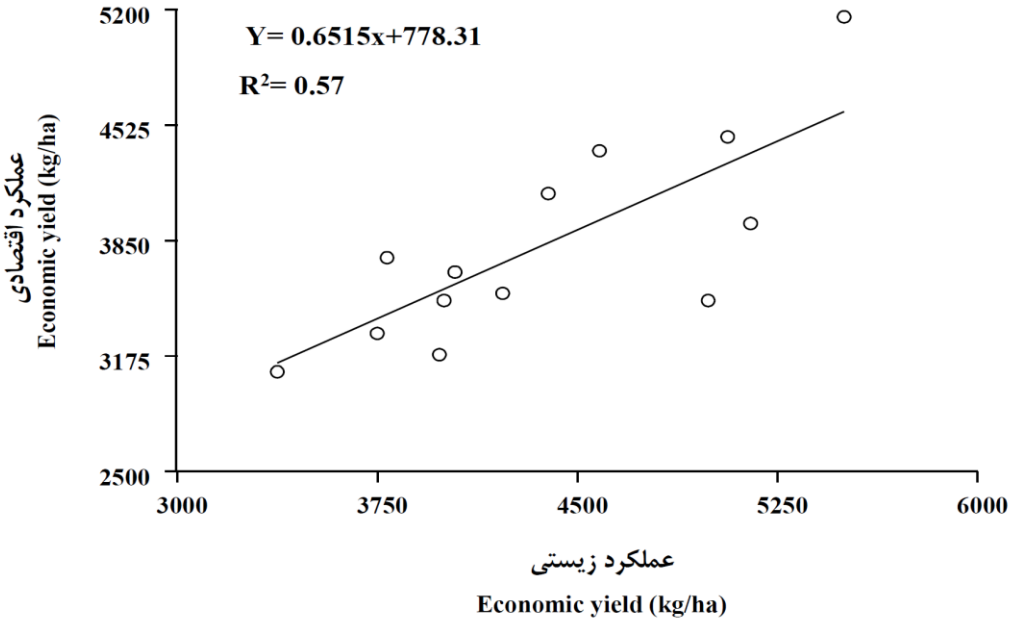


شکل ۵- اثر متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه × کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد اقتصادی گیاه دارویی سیر

Figure 5- Interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria ×application of different organic and chemical fertilizers on economic yield of *Allium sativum* L

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Means followed by the same letters are not significantly different (p≤0.05), at 5% probability level based on Duncan′s multiple range



شکل ٦- رابطه‌ی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد زیستی گیاه دارویی سیر تحت تأثیر اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه × کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف

Figure 6- Relationship between dry economic yield and biological yield of *Allium sativum* L. affected by interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria ×application of organic and chemical fertilizers

آزاز و همکاران (۱۳)، با بررسی تأثیر کودهای زیستی بر روی گیاه رازیانه گزارش کردند که استفاده از تیمار *Azotobacter* نسبت به شاهد، باعث افزایش ۱۸ درصدی عملکرد گیاه شد. درزی و همکاران (۱۷) اثر کودهای زیستی مختلف را بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بررسی و گزارش کردند که بیشترین عملکرد ماده‌ی خشک در تیمار تلقیح توأم *Azotobacter* و *Azospirillum* و بیشترین عملکرد دانه در تلقیح با *Azospirillum* بدست آمد. جهان و همکاران (۳۱) با بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) گزارش کردند که هر یک از کودهای نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به‌ترتیب باعث افزایش ۴۴، ۲۸ و ۲۶ درصدی عملکرد زیستی در مقایسه با تیمار شاهد شدند. رضوانی‌مقدم و همکاران (۴۳) اثر کودهای زیستی مختلف را بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد بررسی و گزارش کردند که تیمارهای بیوفسفر و نیتروکسین به‌علاوه‌ی باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد زیستی کنجد بودند.

به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک (۴۰)، افزایش ظرفیت نگهداری آب (۱۰) و فراهمی جذب بیشتر عناصرغذایی (۱۲)، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده‌ی خشک گیاهی شدند (۱۰) که این مسئله در نهایت به افزایش عملکرد زیستی و اقتصادی انجامیده است. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و عملکرد محصول را افزایش داده‌اند (۸). بروسارد (۱۴) اظهار داشت که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه شده و بدین ترتیب منجر به افزایش تعادل نیتروژن و کارآیی جذب فسفر می‌شود. در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کوهای آلی و شیمیایی مختلف روی گیاه دارویی اسفرزه مشاهده شد که کاربرد کمپوست در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به کود شیمیایی دارای برتری بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد گیاه در تیمار ۸ تن در هکتار کمپوست بدست آمد (۳۵). انجام پژوهشی بر روی ریحان نشان داد که کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاه نسبت به شاهد شد (۶). پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه‌ی آلمانی مشاهده شد که کود گاوی دارای بیشترین عملکرد گل خشک بود و بیشترین عملکرد اسانس و مقدار کامازولین به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی و کمپوست بدست آمد (۲۲).

.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج آزمایش اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف در اکثر صفات مثبت ارزیابی شد. کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر عملکرد زیستی را به‌ترتیب ۱۶ و ۱۲ درصد و عملکرد اقتصادی را به‌ترتیب ۱۹ و ۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین مقدار ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد زیستی در بستر کود آلی ورمی‌کمپوست و بیشترین مقدار قطر سوخ و وزن سوخک در بوته و عملکرد اقتصادی در بستر کود گاوی حاصل شد. بر اساس نتایج حاصله، کارآیی کودهای آلی در اکثر صفات مورد مطالعه در حضور ریزوباکترهای موجود در کودهای زیستی تشدید شد، به‌عنوان مثال در کاربرد همزمان نیتروکسین و ورمی‌کمپوست ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، قطر سوخ و عملکرد زیستی و اقتصادی نسبت به کاربرد جداگانه‌ی ورمی‌کمپوست افزایش یافت. اعمال کودهای زیستی در بستر کودهای آلی منجر به بروز اثرات هم‌افزایی نهاده‌ها شد، به‌عنوان مثال زمانی که بیوفسفر همراه با کود گاوی استفاده شد عملکرد زیستی و اقتصادی به‌ترتیب ۱۸ و ۲۴ درصد نسبت به تیمار کاربرد جداگانه‌ی بیوفسفر افزایش یافت. کود شیمیایی تنها زمانی در بهبود عملکرد زیستی مؤثر بود که همراه با بیوفسفر مورد استفاده قرار گرفت و کاربرد جداگانه‌ی آن اثر چندانی بر عملکرد اقتصادی نداشت. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد همزمان ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کودهای آلی سبب بروز اثرات هم‌افزای آنها شده و ضمن بهبود خصوصیات مختلف سیر، می‌تواند اثرات مخرب ناشی از مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داده و سلامت محصول و پایداری تولید را در درازمدت تضمین کند.

منابع

1- 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.

2- Abera T., Feyissa D., and Yusuf H. 2005. Effect of inorganic and organic fertilizer on grain yield of maize climbing bean intercropping and soil fertility in Western Oromiya, Ethiopia. Conference on International Agriculture Research for Development. Stuttgart-Hohenheim, Pp: 1-9.

3- Agha Alikhani M., Iranpour A., and Naghdi Badi H. 2013. Changes in agronomical and phytochemical yield of

purple coneflower (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench) under urea and three biofertilizers application. The Journal of Medical Research, 12: 121-136.
4- Ahmadabadi Z., Ghajar Sepanlou M., and Bahmanyar M.A. 2012. Effect of vermicomost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of *Borago officinalis*. Iranian Journal of Crops Improvement, 13: 1-12. (In Persian with English summary).
5- Ahmadian A., Ghanbari A., and Galavi M. 2006. Effect of animal manure on quantitative and qualitative yield and chemical composition of essential oil in cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 4: 1-10. (In Persian with English summary).
6- Anwar M., Patra D.D., Chand S., Alpesh K., Naqvi A., and Khanuja S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 36: 1737-1746.
7- Artursson V., Finlay R.D., and Jansson J.K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environmental Microbiology, 8: 1–10.
8- Arun K.S. 2002. A Handbook of Organic Farming Pub. Agrobios, India.
9- Atiyeh R.M., Subler S., Edwards C.A., Bachman G., Metzger J.D., and Shuster W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia, 44:579–590.
10- Atiyeh R.M., Edwards C.A., Sulber S., and Metzger J.D. 2001. Pigmanure vermin compost as component of a horticultural bedding plant medium: effect on physiochemical properties and plant growth. Bioresurces Technology, 78:11-20.
11- Azizi M., Razavi M., Hasanzadeh Khayyat M.H., Lakzian A., and Neamati H. 2009. Effect of various levels of vermicompost and irrigation on morphologic characteristic of *Matricaria recutita* Var. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24: 82-93. (In Persian with English summary).
12- Azeez J.O., Van Averbeke W., and Okorogbona A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology, 101: 2499–2505.
13- Azzaz N.A., Hassan E., and Hamad E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3: 579-587.
14- Brussard L., and Ferrera-Cenato R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis publishers, U.S.A, 168p.
15- Copetta A., Lingua G., and Berta G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil peoduction in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza, 16: 485-494.
16- Darzi M.T., Ghalavand A., Rejali F., and Sefidkon F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22: 278-292. (In Persian with English summary).
17- Darzi M.T., Haj Seyyed Mohammad Hadi M.R., and Rejali F. 2012. Effect of cattle manure and biofertilizers on biomass yield, seed yield and oil content of *Coriandrum sativum*. Journal of Medicinal Plants, 11: 77-91. (Persian with English Summary).
18- Delate K. 2000. Heenah mahyah student from herb trail. Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Jowa State University. Ames, IA.
19- Egamberdiyeva D. 2005. Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: Biochemical characterization and effectiveness. Journal of the Plant Nutrition and Soil Science, 168: 94–99.
20- Eghball B., Binford G.D., Power J.F., and Anderson F.D. 1995. Maize temporal yield variability under long term manure and fertilizer application: Fractal analysis. Soil Science Society of America Journal, 59: 1360-1364.
21- Elgendy S.A., Hosni A.M., Omer E.A., and Reham M.S. 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in newly reclaimed and in Egypt. Arab Universities Journal of Agricultural Science, 9: 915-933.
22- Fallahi J., Koocheki A., and Rezvani Moghaddam P. 2008. Investigating the effects of organic fertilizers on quantity index and the amount of essential oil and chamazulene in chamomile (*Matricaria recutita*). Iranian Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture, 8: 157-168. (In Persian with English summary).
23- Fatma A.G., Lobna A.M., and Osman N.M. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential Oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) Plant. International Journal of Agriculture and Biology, 10: 381–387.
24- 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 Agricultura and Biology, 10: 381–387.
25- Ghasemi A. 2009. Medicinal and aromatic plants, identifying and studying their effects. Publications of Islamic Azad University, Shahrkord. (Persian with English Summary).

26- Gholami A., Biari A., and Nezarat S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Academy of Science, Engineering and Technology, 49: 19-24.
27- Girish N., and Umesha S. 2005. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on bacterial canker of tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 38: 235-243.
28- Golmohammadzadeh S., Ghanbari S., Hisseini Valiki S.R., and Hasannia H. 2015. Impact of verimicompost and chemical fertilizer on yield, growth and essential oil of garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Life Science, 9: 44-48.
29- Hoseini Mazinani S.M., and Hadipoor A. 2014. Improve the quality and quantity of Calendula officinalis L. via biofertilizers application. Journal of Medicinal Plants, 13: 83-93. (Persian with English Summary).
30- Jahan M., Amiri M. B., Aghhavani Shajari M., and Tahami M.K. 2013. Quantity and quality of *cucurbita pepo* L. as affected by winter cover crops (*Lathyrus sativus* and *Trifolium resopinatum*), PGPRs and organic manures. Iranian Journal of Field Crops Research, 11: 337-357. (In Persian with English summary).
31- Jahan M., Amiri M.B., and Ehyaee H.R. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of *Lathyrus* sp. And Persian clover (*Trifolium respinatum* L.). Agroecology, 5: 1-15. (Persian with English summary).
32- Kapoor R., Giri B., and Mukerji K.G. 2002. Glomus macrocarpum: potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum gravolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18: 459-463.
33- Kapoor R., Giri B., and Mukerji K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foenicudum vulgare* mill.) on mycorrhizal inoculation supplemented with P- fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311.
34- Kapoor R., Chaudhary V., and Bhatnagar A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycrrhiza, 17: 581- 587.
35- Khandan A., Astaraee A., Nassiri Mahallati M., and Fotovvat A. 2004. Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Iranian Journal of Field Crops Research, 3: 245-253. (In Persian with English summary).
36- Kızılkaya R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of springwheat (*Triticum aestivum*) inoculated with Azotobacter chroococcum strains. Ecological Engineering, 33:150–156.
37- Koocheki A., Amirmoradi Sh., Shabahang J., and Kalantari Khandani S. 2013. Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* Forssk., *Alyssum homolocarpum* L., *Lepidium perfoilatum* L., and *Lalementia iberica* L. Agroecology, 5: 16-26. (In Persian with English summary).
38- Manaffee W.F., and Kloepper J.W. 1994. Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: "Soil biota management in sustainable farming systems". CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia. pp: 23-31.
39- Massoud O.N., Afifi M.M.I., El-Akshar Y.S., and El-Sayed G.A.M. 2013. Impact of biofertilizers and humic acid on the growth and yield of wheat grown in reclaimed sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological, 9: 104-113.
40- Padmavathiamma P.K., Li L.Y., and Kumari U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. Bioresource Technology, 99: 1672-1681.
41- Rezaee M., and Baradaran R. 2011. Effects of biofertilizers on the yield and yield components of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29: 635-650. (In Persian with English summary).
42- Rezvani Moghaddam P., Aminghafuri A., Bakhshaee S., and Jafari L. 2013. Evaluation of effect of biofetilizer and organic fertilizer on some quantitative characteristics and amount of oil of *Satureja hortensis* L. Agroecology, 5: 105-112. (In Persian with English summary).
43- Rezvani Moghaddam P., Amiri M.B., and Ehyaee H.R. 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 13: 34-42. (Persian with English summary).
44- Richter J., Stutzer M., and Schellenberg I. 2005. Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris L.*) and caraway (*Carum carvi L.*). 36th International Symposium on Essential Oils, 4-7 September, Budapest, Hungary.
45- Sahin F., Cakmakci R., and Kantar F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N2-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil, 265: 123–129.
46- Sanches Govin E., Rodrigues Gonzales H., and Carballo Guerra C. 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.
47- Sangwan P., Kaushik C.P., and Garg V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. Bioresource Technology, 99: 2442-2448.
48- Senula A., and Keller R.J. 2000. Morphological characterization of a garlic core collection and establishment of a

virus-free in vitro genebank. Allium Improvement Newsletter, 10: 3–5.
49- Shaalan M.N. 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*). Egypt Journal of Agriculture Research, 83: 271.
50- Sharma V., Sharma A., and Kansal L. 2010. The effect of oral administration of *Allium sativum* extracts on lead nitrate induced toxicity in male mice. Food and Chemical Toxicology, 48: 928–936.
51- Tang X., and Cronin D.A. 2007. The effects of brined onion extracts on lipid oxidation and sensory quality in refrigerated cooked Turkey breast rolls during storage. Food Chemistry, 100: 712−718.
52- Vessey J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 255: 571–586.
53- Vestberg M., Saari K., Kukkonen S., and Hurme T. 2005. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil. Mycorrhiza, 15: 447-458.
54- Vivas A., Barea J.M., Biro B., and Azcon R. 2006. Effectiveness of autochthonous bacterium and mycorrhizal fungus of trifolium growth, symbiotic development and soil enzymatic activities in Zn contaminated soil. Journal of Applied Microbiology, 100: 587-598.
55- Yadegari M., Asadirahmani H., Noormohammadi G., and Ayneband A. 2010. Plant growth promoting rhzobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolis vulgaris*. Journal of Plant Nutrition, 33: 1733-1743.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 722-738
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۷۳۸-۷۲۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Yield and Yield Components of Garlic Medicinal Plant (*Allium sativum* L.) under the Conditions of Different Organic and Chemical Fertilizers Application

Y. Esmaeelian[1]- M.B. Amiri[2]*- S. Askari Naeeni[3]- J. Moradi Sadr[4]- F. Heidari Amale[5]

Received: 25-12-2016
Accepted: 01-12-2017

Introduction: In recent years, the effect of exogenous organic amendments on soil properties and plant growth characteristics has received renewed attention. Although the utilization of mineral fertilizers could be viewed as the best solution in terms of plant productivity, this approach is often inefficient in long-term in tropical ecosystems due to the limited ability of low-activity clay soils to retain nutrients. Intensive use of agrochemicals in agricultural systems is also known to have irreversible effects on soil and water resources. Vermicompost is currently being promoted to improve soil quality, reduce water and fertilizer needs and therefore increase the sustainability of agricultural practices in tropical countries. Vermicomposting is a process which stabilizes organic matter under aerobic and mesophilic conditions through the joint action of earthworms and microorganisms. The products of vermicomposting have been successfully used to suppress plant pests and diseases, as well as increase crop productivity. Cow manure is an excellent fertilizer containing nitrogen, phosphorus, potassium and other nutrients. It also adds organic matter to the soil which may improve soil structure, aeration, soil moisture-holding capacity, and water infiltration. Biofertilizers are defined as preparations containing living cells or latent cells of efficient strains of microorganisms that help plants' nutrients uptake by their interactions in the rhizosphere when applied through seed or soil. They accelerate certain microbial processes in soil which augment the extent of availability of nutrients in a form easily assimilated by plants. Very often microorganisms are not as efficient in natural surroundings as one would expect them to be and therefore artificially multiplied cultures of efficient selected microorganisms play a vital role in accelerating the microbial processes in soil. Garlic (*Allium sativum* L.) is a very powerful medicinal plant that is often underestimated. Garlic is easy to grow and can be grown year-round in mild climates. Garlic cloves are used for consumption (raw and cooked) or for medicinal purposes. They have a pungent characteristic, spicy flavor that mellows and sweetens considerably with cooking.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of biofertilizers and organic and chemical fertilizers on yield and yield components of garlic (Allium sativum L.), a split plot experiment based on RCBD with three replications was conducted in 2015-2016 growing seasons, in Gonabad University, Iran. Main plot included different organic and chemical fertilizers (1- vermicompost, 2- cow manure, 3- chemical fertilizer and 4- control) and sub plot included plant growth promoting rhizobacteria (nitroxin, biophosphorous and control). In order to determine physic-chemical properties of soil, sampling was performed at the depth of 0 to 30 cm. Before cultivation, 7 and 30 t.ha-1 vermicompost and cow manure were added to the soil, respectively. Nutrient requirement of garlic for nitrogen, phosphorous and potassium from the chemical source was considered 40, 50 and 60 $kg.ha^{-1}$. For application of biofertilizers, bulblets inoculated with plant growth promoting rhizobacteria for 15 minutes. Distance in and between rows was considered 10 and 20 cm, respectively. Weeds were controlled manually three times. At the end of the growing season, economic yield, biological yield, plant height, shoot dry weight, bulb diameter, bulblet weight per plant, bulblet volume per plant and bulblet number per plant were measured. Analysis of data variance was performed by using SAS software (Ver 9.1).

Results and Discussion: The results showed that simple effect of chemical fertilizer on bulb diameter was not significant but combined application of chemical fertilizer and biophosphorous increased bulb diameter as much as 18% compared to control. Combined application of nitroxin and cow manure increased bulblet weight per plant by 41% compared to single application of nitroxin. Biophosphorous plus vermicompost, cow manure and chemical fertilizer increased biological yield, respectively, by 25, 18 and 15% compared to single application of these fertilizers. The highest economic yield obtained in treatment of nitroxin plus cow manure.

1 and 2- Assistant Professors of Gonabad University
(*- Corresponding Author Email: amiri@gonabad.ac.ir)
3, 4 and 5- B. Sc. Students of Plant Production, Gonabad University

Organic and biological fertilizers are among the most significant resources for improvement of agricultural soil quality and increase in the yield of different medicinal plants. It has been reported that these ecological inputs provide favorable conditions for plant growth and development through improvement of physical, chemical and biological properties of the soil (10, 39), therefore, it can be concluded that improvement in most studied traits in the present study was due to the use of organic fertilizers. Fallahi et al. (22) reported the positive effects of organic and biological fertilizers on the improvement of quantitative and qualitative characteristics in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.).

Conclusion: In general, the results of this research showed that combined use of organic and biological inputs can improve quantitative characteristics of plant, and thus decrease the environmental risks of chemical inpus.

Keywords: Biological Yield, Biophosphorous, Crop Health, Eco-Friendly, Nitroxin