واکنش شاخص‌های زراعی و عملکرد کمی و کیفی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) به کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفره

جواد حمزه‌ئی[۱]، افشار آزادبخت*[۲]،سید محسن سیدی[۳]، فرشید صادقی[۴]، سعید نجاری[۵]

[۱]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

[۲*]دانش آموخته دکتری علوم علفهای هرز دانشگاه محقق اردبیلی.

[۳]دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان.

[۴]کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

[۵]کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

نویسنده مسئول: Afsharazadbakht@uma.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی واکنش شاخص‌های زراعی و عملکرد کمی و کیفی رازیانه به کاربرد تلفیقی کود زیستی و شیمیایی فسفره اجرا شد. از این رو، ده تیمار (ترکیب فاکتوریل کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا با پنج سطح صفر ، ۳۰۰، ۶۰۰، ۹۰۰ و ۱۲۰۰ میلی گرم فسفر در گلدان) در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار ارزیابی شدند. اثر تیمارها بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در چترک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار شد. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع بوته (۷۵ سانتی-متر)، تعداد چتر در بوته (۳۵ چتر)، تعداد دانه در چتر (۳۲۵ دانه)، عملکرد دانه (۱۶ گرم در بوته)، عملکرد بیولوژیک (۳۵ گرم در بوته)، درصد اسانس (۲/۷۱ درصد) و عملکرد اسانس (۰/۴۳گرم در بوته) در گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی گرم فسفر حاصل شد. ولی، تعداد دانه در چترک در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود زیستی و شیمیایی) کاهش یافت. در کل، نتایج نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفره، صفات کمی و کیفی رازیانه را بهبود بخشید و همچنین مصرف کود شیمیایی فسفره را کاهش داد که این امر در راستای تولید پایدار گیاهان دارویی و سالم سازی محیط زیست است.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، عملکرد اسانس، عملکرد دانه، کود فسفر، میکوریزا.

مقدمه

رازیانه یکی از قدیمی ترین گیاهان دارویی و ادویه‌ای کشور ایران است که مردم از دیرباز خواص دارویی آن را می-دانستند و از آن برای درمان برخی بیماری‌ها استفاده می‌کردند. امروزه در صنایع داروسازی از مواد موثره آن برای درمان سرفه، دل درد و هضم غذا استفاده می‌کنند، دم کرده این گیاه برای مداوای دل دردهای نوزادان کاربرد دارد. مواد موثره این گیاه سبب تحریک در افزایش شیر مادران شیرده می‌شود، همچنین اسانس آن در صنایع داروسازی، نوشابه سازی، غذایی و آرایشی و بهداشتی کاربرد فراوان دارد (امید بیگی، ۱۳۷۴؛ درزی و همکاران، ۱۳۸۵). یکی از ارگان‌های اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است (خان و همکاران، ۱۹۹۲). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده‌های متابولیکی این موجودات می-باشند که به منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک اکوسیستم زراعی به کار می‌روند (صالح راستین، ۱۳۸۰). از آنجا که تاکید کشاورزی پایدار بر روی افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد لذا مطالعات انجام شده بر روی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی گویای این مطلب است که استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر عملکرد کمی و کیفی در چنین شرایطی به دست می‌آید (اکبری نیا، ۱۳۸۲؛ شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱). قارچ‌های مایکوریزا یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماریزا، سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (رجالی و همکاران، ۱۳۸۰). رضوانی و همکاران (رضوانی و همکاران، ۱۳۸۸) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزا تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است، حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال، تثبیت شده و به صورت غیر متحرک در می آید. لذا، قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات

در خاک های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. از طرفی سطوح بالای فسفر مانع برقراری همزیستی میکوریزا یا کاهش درصد آلودگی ریشه توسط قارچ‌های میکوریزا می‌شود (ساغری و همکاران، ۱۳۸۸). اولین سود میکوریزا برای گیاهان همزیست، بهبود جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و ازت است. قارچ‌های میکوریزا تاثیر متفاوتی روی عملکرد گیاهان دارند، در برخی آزمایش‌ها تلقیح با این قارچ‌ها باعث افزایش وزن اندام هوایی گیاه شده و نشان داده شده است که افزایش رشد نتیجه جذب بهتر عناصر خصوصا فسفر است (علی اصغر زاد و همکاران، ۲۰۰۱). گزارش شده است که تلقیح گیاه نعناع با میکوریزا به طور قابل توجهی ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک را افزایش می دهد (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، نتایج آزمایشی حاکی از این است که همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه قارچ میکوریزا به طور معنی داری سبب بهبود گلدهی (تعداد چتر)، بیوماس، عملکرد دانه و میزان اسانس و کیفیت آن گردید، به نحوی که میزان ماده ارزشمند آنتول در اسانس در مقایسه با شاهد افزایش ولی میزان لیمونن و فنکون آن کاهش یافت (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴). با عنایت به اینکه در خصوص کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی فسفره آزمایشی بر روی رازیانه صورت نگرفته و یا مطالعات در این زمینه اندک می باشد، لذا آزمایش حاضر با هدف ارزیابی اثرات همزیستی قارچ مایکوریزا بر شاخص های رشدی رازیانه و عملکرد کمی و کیفی آن اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۰ تیمار اجرا شد. تیمارها شامل T_1: شاهد (عدم مصرف کود)، T_2: ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، T_3، ۶۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، T_4: ۹۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، T_5: ۱۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، T_6: تلقیح بذر با میکوریزا، T_7: تلقیح به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، T_8: تلقیح به همراه ۶۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، T_9: تلقیح به همراه ۹۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان و T_{10}: تلقیح به همراه ۱۲۰۰ میلی-گرم فسفر در گلدان بودند. خاک مورد استفاده دارای بافت لوم رسی، pH=۷/۸ و مقدار ماده آلی ۰/۸۲ درصد بود. به منظور کشت گلخانه‌ای رازیانه، ابتدا گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر تهیه و

پس از شستشو، با هیپوکلریت سدیم ۲ درصد ضدعفونی شدند. سپس مقدار ۷ کیلوگرم ار خاک مورد نظر در هر یک از گلدان‌ها ریخته شد. قبل از کشت بذور، به گلدان‌ها مقدار ۴۰ گرم قارچ مایکوریزا، گونه گلوموس اینترارادیسز (*Glomus intraradices*) اضافه و با خاک مخلوط گردید. سپس در هر گلدان ۱۵ عدد بذر در عمق ۲ سانتیمتری سطح خاک کشت گردید. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها (مرحله ۴-۳ برگی) بوته‌ها تنک و به ۵ بوته در گلدان تقلیل یافت و تا پایان آزمایش بوته‌ها حفظ شدند. جهت تأمین فسفر از کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل استفاده شد و تمامی کود شیمیایی فسفره بر اساس مصرف قبل از کاشت به خاک گلدان‌ها اضافه شد. صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در چترک، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و درصد و عملکرد اسانس اندازه‌گیری شدند. برای استخراج اسانس از روش تقطیر با بخار آب توسط دستگاه کلونجر استفاده شد. بدین منظور نمونه هر واحد آزمایشی، ابتدا کاملا آسیاب شد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۷۵ میلی لیتر آب به آن اضافه گردید، سپس به مدت ۴ ساعت در دستگاه کلونجر قرار گرفت و در نهایت درصد و عملکرد اسانس اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تیمارهای مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند (جدول ۱)، بطوری‌که تمامی تیمارها باعث افزایش ارتفاع بوته رازیانه نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). بالاترین ارتفاع بوته (۷۵ سانتی‌متر) مربوط به گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر و کمترین این مقدار (۴۶ سانتی‌متر) به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تعلق گرفت (جدول ۲). افزون بر این، در تیمار T_6 (تلقیح با مایکوریزا و بدون مصرف فسفر) ارتفاع بوته به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار T_1 (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) بود. از آنجایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین میزان ارتفاع بوته است، از این رو در تیمار شاهد به علت تنش ناشی از کمبود مواد غذایی، رشد گیاه محدود و در نتیجه ارتفاع بوته کاهش یافته است. به نظر می رسد که قارچ مایکوریزا از طریق جذب آب

و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده است و در نتیجه ارتفاع گیاه در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایش یافته است. پیشتر از این نیز افزایش ارتفاع بوته رازیانه تحت تاثیر کودهای زیستی گزارش شده است (محفوظ و شرف الدین، ۲۰۰۷). همچنین، در آزمایشی اثر مایکوریزا بر رشد و ارتفاع بوته گیاه دارویی علف لیمو بررسی و مشخص گردید که در گیاهان مایکوریزایی به علت جذب بیشتر و بهتر عناصر غذایی به ویژه عنصر فسفر و نیز افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه، رشد علف لیمو و ارتفاع بوته آن به طور معنی داری بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بوده است (راتی و همکاران، ۲۰۰۱).

تعداد شاخه در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد شاخه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر و تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به ترتیب با ۱۵ و ۵ شاخه فرعی در بوته، بیشترین و کمترین تعداد شاخه در بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). با توجه به ثابت بودن دیگر شرایط محیطی، به نظر می‌رسد که به دلیل عدم تامین عناصر غذایی به ویژه فسفر در تیمار شاهد، ظرفیت فتوسنتزی گیاه و میزان تولید فتوآسمیلات ها کاهش یافته و در نتیجه آن ارتفاع بوته کاهش و به تبع آن تعداد شاخه در بوته نیز کاهش یافت. نکته قابل توجه در این تحقیق این است که با افزایش در میزان فسفر مصرفی در گیاهان مایکوریزایی (از تیمار T_7 تا T_{10}) ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته به طور معنی داری کاهش یافت که این امر بیانگر این است که کارایی قارچ مایکوریزا با افزایش میزان فسفر مصرفی کاهش می یابد. این نتایج با یافته های سایر پژوهشگران در نخود (سینک و کاپور، ۱۹۹۸) و سیب زمینی (آتیه و همکاران، ۲۰۰۰) مطابقت دارد. نامبردگان اظهار داشتند که در صورت استفاده از کودهای زیستی قدرت گیاه در تولید مواد آلی افزایش می یابد که این امر به افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته منجر می گردد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر تیمارهای مختلف کود زیستی و شیمیایی فسفره بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس گیاه رازیانه.

منبع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه در بوته	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در چترک	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۳/۶۰ ns	۱/۶۰ ns	۶۷/۶۰ **	۷/۰۳ ns	۳۲/۴ ns	۰/۶۳ ns	۰/۴۰ ns	۴/۹۰ ns	۰/۰۱ *	۰/۰۰۷ ns
تیمار	۹	۱۷۰/۸۰ **	۲۵/۵۰ **	۱۰۰/۱۴ **	۵۰/۷۴ **	۱۹۶۵۲/۰۳ *	۱۸/۴۴ **	۳۴/۱۳ **	۹۸/۵۳ *	۰/۱۵ *	۰/۰۲ **
خطا	۱۸	۱۸/۴۸	۳/۱۵	۳/۴	۵/۱	۳۰۹/۰۶	۲/۷۸	۱/۵۱	۶/۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۶/۹	۱۶/۹	۷/۰۵	۱۳/۹	۱۰/۲	۱۷/۰۷	۱۱/۵	۱۰/۰۲	۲/۷	۱۲/۴

ns، *، **، به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر

نتایج بدست آمده نشان داد که تعداد چتر در بوته به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین ها مشخص گردید که بیشترین تعداد چتر در بوته (۳۵ چتر) به تیمار گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر (T_7) تعلق گرفت و کمترین این مقدار را که معادل ۱۶ چتر در بوته بود، تیمار شاهد (T_1) به خود اختصاص داد و بقیه تیمارها از نظر این ویژگی حد واسط دو تیمار مذکور قرار گرفتند (جدول ۳). تیمار T_7 در مقایسه با تیمار T_1 ۵۴/۲۸ درصد تعداد چتر در بوته را افزایش داد. با توجه به اینکه تعداد چتر در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد رازیانه می باشد، بنابراین تیمار گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر (T_7) ضمن تولید بیشترین تعداد چتر در بوته، در مقایسه با هر یک از تیمارهای T_5 (مصرف ۱۲۰۰ میلی گرم فسفر و عدم استفاده از مایکوریزا) و T_{10} (گیاهان مایکوریزا به همراه ۱۲۰۰ میلی گرم فسفر) میزان مصرف فسفر را نیز ۷۵ درصد کاهش داد. یافته های سایر پژوهشگران نتایج این آزمایش را تایید می کند (بدران و صفوات، ۲۰۰۴؛ القدبان و همکاران، ۲۰۰۶؛ محفوظ و شرف الدین، ۲۰۰۷) آن ها اظهار داشتند که استفاده از کودهای زیستی از طریق تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و برخی هورمون های تحریک کننده رشد، موجب بهبود رشد و اجزای عملکرد از جمله تعداد چتر در بوته رازیانه می شود.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته رازیانه. مقادیر میانگین ۳ تکرار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها در سطح $p<0.05$ است.

	تیمار									
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۴۶^{e}	۵۹^{cd}	۶۲^{bcd}	۶۵^{bc}	۶۳^{bcd}	۵۷^{d}	۷۵^{a}	۶۷^{b}	۶۶^{bc}	۶۴^{bcd}
تعداد شاخه در بوته	۵^{d}	۸^{cd}	۱۰^{bc}	۱۱^{bc}	۱۱^{bc}	۸^{cd}	۱۵^{a}	۱۳^{ab}	۱۳^{ab}	۱۱^{bc}

T1 الی T10 به ترتیب شاهد (عدم مصرف کود)، ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، ۶۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، ۹۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، ۱۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، تلقیح بذر با مایکوریزا،تلقیح به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، تلقیح به همراه ۶۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، تلقیح به همراه ۹۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان، تلقیح به همراه ۱۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در گلدان.

تعداد چترک در چتر نیز در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین تعداد چترک در چتر رازیانه مربوط به گیاهان مایکوریزایی به همراه ۶۰۰ میلی‌گرم فسفر و کمترین این مقدار مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود (جدول ۳). با این وجود، بین تیمار T_8 (گیاهان مایکوریزایی به همراه ۶۰۰ میلی‌گرم فسفر) و T_7 (گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰ میلی‌گرم فسفر) از نظر تعداد چترک در چتر تفاوتی وجود نداشت. شایان ذکر است که در استفاده توأم از قارچ مایکوریزا و ۶۰۰ میلی‌گرم کود فسفر دلیل زیاد بودن تعداد چترک‌ها می‌توان پایین بودن تعداد چتر در بوته در این تیمار باشد که بالطبع چترهای بزرگتری تشکیل داده و در نتیجه آن تعداد چترک در چتر افزایش می‌یابد. حال آن‌که تیمار شاهد علی‌رغم کم بودن تعداد چتر در بوته، بدلیل تنش ناشی از کمبود عناصر غذایی برای تولید چترهای بزرگتر، تعداد چترک در چتر آن باز هم کمتر از دیگر تیمارهای مورد مطالعه بود. در آرمایشی گزارش شده است که کودهای زیستی تعداد چترک در چتر رازیانه را افزایش می دهد و بین اندازه چتر و تعداد چترک در آن رابطه مثبت وجود داشته است. همچنین، گزارش شده است که با افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر رازیانه کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، بین تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر رابطه معکوس وجود دارد (بدران و صفوات، ۲۰۰۴؛ گوما و ابوعلی، ۲۰۰۱).

جدول ۳ – مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و درصد و عملکرد اسانس رازیانه. مقادیر میانگین ۳ تکرار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها در سطح $p<0.05$ است. توضیحات تیمارها شبیه جدول ۲ است.

تیمار	تعداد چتر در بوته	تعداد چتر در چترک	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در چترک	عملکرد دانه (گرم در بوته)	عملکرد بیولوژیک (گرم در بوته)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (گرم در بوته)
T_1	۱۶^{g}	۱۰^{f}	۶۶^{g}	۱۵^{a}	۵^{f}	۱۶^{e}	۲/۸۱^{a}	۰/۱۴^{g}
T_2	۲۳^{ef}	۱۵^{cd}	۹۰^{fg}	۷^{cd}	۷^{ef}	۲۱^{d}	۲/۰۹^{g}	۰/۱۴۷^{g}
T_3	۲۶^{de}	۱۴^{de}	۱۲۳^{e}	۸^{bcd}	۹^{de}	۲۶^{c}	۲/۳۲^{def}	۰/۲۰^{ef}
T_4	۲۷^{d}	۱۶^{cd}	۱۷۹^{cd}	۱۰^{bc}	۱۲^{bc}	۲۹^{bc}	۲/۳۹^{de}	۰/۲۸^{cd}
T_5	۲۵^{de}	۱۶^{cd}	۱۶۷^{d}	۱۰^{bc}	۱۱^{cd}	۲۸^{bc}	۲/۴۳^{cd}	۰/۲۶^{d}
T_6	۲۰^{f}	۱۱^{ef}	۱۰۸^{ef}	۱۰^{bc}	۸^{e}	۲۰^{de}	۲/۳^{ef}	۰/۱۸^{fg}
T_7	۳۵^{a}	۲۱^{ab}	۳۲۵^{a}	۱۰^{bc}	۱۶^{a}	۳۵^{a}	۲/۷۱^{ab}	۰/۴۳^{a}
T_8	۳۱^{b}	۲۳^{a}	۲۷۰^{b}	۶^{d}	۱۴^{ab}	۳۱^{ab}	۲/۶۴^{b}	۰/۳۷^{b}
T_9	۳۱^{bc}	۱۸^{bc}	۲۰۵^{c}	۱۱^{b}	۱۳^{bc}	۳۰^{bc}	۲/۵^{c}	۰/۳۲^{bc}
T_{10}	۲۸^{cd}	۱۸^{bc}	۱۹۰^{cd}	۱۰^{bc}	۱۱^{cd}	۲۶^{c}	۲/۲۱^{f}	۰/۲۴^{de}

تعداد دانه در چتر و چترک

تعداد دانه در چتر نیز در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۱). از نظر تعداد دانه در چتر تمامی تیمارها جز تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم کود فسفر (T_2) نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری را نشان دادند، به طوری که گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر (T_7) با ۳۲۵ دانه بیشترین و تیمار شاهد (T_1) با ۶۶ دانه کمترین تعداد دانه در چتر را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تیمار T_7 در مقایسه با تیمار T_1 تعداد دانه در چتر را ۷۹/۶۹ درصد افزایش داد. همچنین، تیمارهای مورد آزمایش از نظر تعداد دانه در چترک نیز در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). نتایج نشان داد تیمار شاهد با ۱۵ دانه دارای بیشترین تعداد دانه در چترک بود (جدول ۳). دلیل این امر پایین بودن تعداد چترک در این تیمار در مقایسه با دیگر تیمارها است که باعث تشکیل چترک‌های بزرگتر و در نتیجه تعداد دانه بیشتر در چترک شده است. گیاهان مایکوریزایی به همراه ۶۰۰ میلی‌گرم فسفر دارای کمترین تعداد دانه در چترک بودند که این نیز از تعداد زیاد چترک

در چتر و بالطبع آن کوچکتر بودن چترک‌ها ناشی می شود. نتایج این تحقیق با یافته‌های مرادی و همکاران (۱۳۸۸) هماهنگ است.

عملکرد دانه

نتایج حاکی از این بود که عملکرد دانه رازیانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارها قرار می گیرد (جدول ۱). کلیه تیمارها به جز تیمار T_2 (۳۰۰ میلی گرم فسفر و بدون مایکوریزا) نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) افزایش معنی دار نشان دادند. مقایسه میانگین اثر تیمارها از نظر عملکرد دانه نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۶ گرم در بوته) را تیمار T_7 (گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر) و کمترین عملکرد دانه (۵ گرم در بوته) را تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تیمار گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر توانست نسبت به شاهد ۶۸/۷۵ درصد عملکرد دانه رازیانه را افزایش دهد. دلیل برتری این تیمار از نظر عملکرد دانه، بالا بودن اجزای عملکرد دانه (تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چتر) در این تیمار می باشد (جدول ۳). در کل، نتایج حاکی از آن است که کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه گردید که دلیل این امر مکانیزم عمل قارچ میکوریزا می‌باشد. پس از رویش اسپورهای قارچی و گسترش آن ها در ریزوسفر، بخشی از ریسه‌ها وارد سیستم ریشهٔ گیاه شده و سبب کاهش غلظت آبسزیک اسید گشته و میزان سیتوکنین را افزایش می‌دهند. این عمل سبب گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب آب و عناصر غذایی می-گردد. ریسه های برون ریشه ای نیز با ترشح اسیدهای آلی حل کننده فسفات های نامحلول نظیر اسید مالیک، جذب فسفر توسط گیاه را افزایش می دهند، در نتیجه عملکرد دانه در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا افزایش می‌یابد (خلوتی و همکاران، ۲۰۰۵). افزون بر این، براساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد قارچ مایکوریزا سبب کاهش مصرف کود شیمیایی فسفره گردید و عملکرد دانه رازیانه را افزایش داد که این امر گامی مهم در جهت حرکت به سوی کشاورزی پایدار می باشد. یافته های سایر پژوهشگران نتایج این آزمایش را تایید می کند (اقبال، ۲۰۰۲؛ ساهو و جانا، ۲۰۰۰).

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک نیز تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۱). در بررسی اثر تیمارها مشخص شد که، بیشترین عملکرد بیولوژیک (۳۵ گرم در بوته) از گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر حاصل شد و کمترین این مقدار که معادل ۱۶ گرم در بوته بود از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد (جدول ۴). گزارش شده است که مایکوریزا با افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه، رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود (بریلا و دونیوای، ۱۹۹۷). به عبارت دیگر، قارچ مایکوریزا به دلیل افزایش سطح ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که این امر موجب فتوسنتز بیشتر، بهبود رشد گیاه و در نتیجه باعث افزایش وزن خشک کل گیاه و عملکرد دانه می گردد (جهان و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین، نتایج تحقیق انجام گرفته بر روی گیاه ریحان بیانگر این است که کاربرد گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا عملکرد بیولوژیک این گیاه را افزایش داد (وینوتا، ۲۰۰۵).

درصد و عملکرد اسانس

درصد اسانس نیز تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد که تیمار شاهد با ۲/۸۱ درصد دارای بیشترین درصد اسانس بود، ولی با تیمار گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی گرم فسفر که دارای درصد اسانس معادل ۲/۰۹ درصد بود به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۳). عملکرد اسانس نیز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفت (جدول ۱)، به طوری که تیمار T_7 (گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی گرم فسفر) بیشترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد و کمترین این مقدار به تیمار شاهد تعلق گرفت (به ترتیب ۰/۴۳ و ۰/۱۴ گرم در بوته). تیمار T_7 در مقایسه با تیمار T_1 (شاهد)، عملکرد اسانس را معادل ۶۷ درصد افزایش داد. درزی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که قارچ مایکوریزا باعث افزایش درصد اسانس رازیانه می‌شود، به طوری که استفاده از مایکوریزا در افزایش میزان اسانس دانه رازیانه موثرتر از کود شیمیایی بوده است. از آنجا که اسانس‌ها جزئی از متابولیت های

ثانویه گیاهی هستند و گیاه معمولا در هنگام دریافت تنش محیطی میزان متابولیت های ثانویه را در اندام خود افزایش می‌دهد (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴)، تیمار شاهد بدلیل اینکه با تنش کمبود مواد غذایی مواجه بود، میزان اسانس آن افزایش یافت. البته نکته قابل توجه اینجاست که تیمار گیاهان مایکوریزایی به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر با وجود دارا بودن بیشترین عملکرد دانه، درصد اسانس بالایی نیز داشت که این امر نشانگر تاثیر مثبت قارچ مایکوریزا بر تولید اسانس در دانه رازیانه می‌باشد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت از آنجایی که اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی بوده و بیوسنتز واحدهای سازنده آنها نیازمند NADPH و ATP هستند، لذا کاربرد قارچ مایکوریزا ظرفیت گیاه را در تولید ترکیبات فوق افزایش داده و به تبع آن میزان اسانس نیز افزایش می یابد (کادر، ۲۰۰۲). افزایش میزان اسانس در گیاهان دارویی متاثر از کودهای زیستی پیشتر از این نیز گزارش شده است (آتیه، ۲۰۰۰).

نتیجه‌گیری کلی

این تحقیق به خوبی تاثیر مثبت استفاده از قارچ مایکوریزا را روی عملکرد، اجزای عملکرد، درصد و مقدار اسانس رازیانه نشان داد و در این بین کاربرد مایکوریزا به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم فسفر، ضمن کاهش ۷۵ درصدی در مصرف کود شیمیایی فسفره، بیشترین تاثیر را در افزایش عملکرد دانه داشت. کودهای زیستی با افزایش جذب مواد غذایی و احتمالا ظرفیت فتوسنتزی گیاه، نقش به سزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد و گلدهی (تعداد چتر در بوته) را به دنبال خواهد داشت. همچنین، کاربرد کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با کود شیمیایی علاوه بر این‌که در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه، در پایداری تولید و حفظ محیط زیست تاثیر مثبتی دارد. بنابراین، با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام-های کم نهاده، بنظر می‌رسد کودهای زیستی می توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید این گیاهان باشند.

منابع

اکبری نیا، ا. ۱۳۸۲. بررسی عملکرد و ماده مؤثره زنیان در سیستم‌های کشاورزی متداول، ارگانیک و تلفیقی. رساله دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

امید بیگی، ر. ۱۳۷۴. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد ۲. انتشارات فکر روز. تهران.

جهان، م.، کوچکی، ع و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۶. رشد، فتوسنتز و عملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریزا و باکترهای آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن در نظام‌های رایج و اکولوژیک. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۱: ۱-۱۵.

درزی، م.، قلاوند، ت.، رجالی، ا و سفیدکن، ف. ۱۳۸۵. اثر کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۴: ۲۷۶-۲۹۲.

رجالی، ف.، علیزاده، ع.، صالح راستین، ن و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۰. تاثیر رابطه همزیستی میکوریزا بر اصلاح روابط آبی گیاه میزبان و افزایش تحمل آن به خشکی. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور: ۴۳۵-۴۵۷.

رضوانی، م.، اردکانی، م. ر.، رجالی، ف.، نورمحمدی، ق.، زعفرانیان، ف و تیموری، س. ۱۳۸۸. تاثیر سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا روی ویژگی‌های ریشه و غلظت فسفر، آهن، و روی پتاسیم یونجه. مجله دانش نوین کشاورزی ۱۵: ۵۵- ۶۶.

ساغری، م.، بارانی، ح.، اصغری، ح. ر.، مصداقی، م و صدروی، م. ۱۳۸۸. تاثیر تلقیح قارچ میکوریزا آربوسکولار و کود فسفره بر رشد و تولید دو گونه یونجه یکساله. مجله علمی پژوهشی مرتع۲: ۲۹۱- ۳۰۱.

شریفی عاشورآبادی، ا.، امین، غ.، میرزا، م و رضوانی، م. ۱۳۸۱. تأثیر سیستم‌های تغذیه گیاه (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) بر کیفیت گیاه دارویی رازیانه. مجله پژوهش و سازندگی۳: ۷۸-۸۷.

صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجله علوم آب و خاک ۲۳: ۱-۵۴.

مرادی، ر.، رضوانی‌مقدم، پ.، نصیری‌محلاتی، م و لکزیان، ا. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس گیاه رازیانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۲: ۶۲۵-۶۳۵.

Aliasgharzad, N., Saleh Rastin, N., Towfighi, H and Alizadeh, A. 2001. Inocolation effect of four arbuscular mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion under salinity levels. Journal of water and soil 1: 145-158.

Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G. J., Metzger, D and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 44: 579–590.

Badran, F. S and Safwat, M. S. 2004. Response of fennel plants to organic manure and biofertilizers in replacement of chemical fertilization. Egyptian Journal Agriculture Research 82: 247-256.

Bryla, D. R and Duniway, J. M. 1997. The effect of the mycorrhiza Glomus etunicatum on drought acclimation in safflower and wheat. Plant and Soil 104: 87-96.

Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus and nitrogen based manure and compost applications. Agronomy Journal 94: 128–135.

El-Ghadban, E. A. E., Shalan, M. N and Abdel-Latif, T. A. T. 2006. Influence of biofertilizers on growth, volatile oil yield and constituents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Egyptian Journal Agriculture Research 84: 977-992.

Gomaa, A. O and Abou-Ali, H. E. 2001. Efficiency of bioferitlization in the presence of both inorganic and organic fertilizers on growth, yield and chemical constituents of anise plant (*Pimpinella anisum* L.). Proc. 5th Arabian Horticulture. Conf. Ismailia, Egypt, Zagazeg University. Press, Egypt. 12: 24-28.

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

Kader, M. A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kapoor, R., Giri, B and Mukerji, K. G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Khalvati, M. A., Mozafar, A and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart 7: 706-712.

Khan, M. M. A., Samiullah, S. H. A and Afridi, M. K. 1992. Yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in relation to basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. Journal of Plant Nutrition 15: 2505-2515.

Mahfouz, S. A and Sharaf-Eldin, M. A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Int. Agrophysics 21: 361-366.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N and Gautam, S. P. 2001. Improvement in bio availability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Microbiological Research 156: 145-149.

Sahu, S. N and Jana, B. B. 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. Ecological Enginerr 15: 27–39.

Singh, S and Kapoor, K. K. 1998. Effects of inoculation of phosphate solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. Mycorrhiza 7: 249–253.

Vinutha, T. 2005. Biochemical Studies on *Ocimum* sp. Inoculated with Microbial Inoculants. M.Sc thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.

Response of agronomic indices, quality and quantity yield of fennel (*Foeniculum vulgare*) to the integrated application of bio-chemical phosphorus fertilizers

Hamzei[1] J, Azadbakht[*2] A, Seyedi [3] M, Sadeghi[4] F, Najari[5] S.

[1]Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Postal Code: 6517833131, Hamedan, Iran.

[2]*Ph.D Graduated of Weed Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

[3]Ph.D Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran and The member of Young Researcher's and Elite Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, IRAN

[4]M.Sc. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

[5]M.Sc. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Corresponding author: Afsharazadbakht@uma.ac.ir

Abstract

The aim of this research was to evaluate the response of agronomic indices and quality and quantity yield of fennel to integrated application of bio-chemical phosphorus fertilizer. So, ten treatments (factorial combination of application and non-application mycorrhiza with five levels of zero, 300, 600, 900 and 1200 mg phosphorus per pot) were evaluated in a randomized complete block design (CRBD) with three replications. Effect of treatments on plant height, number of branches per plant, number of umbel per plant, number of umbelest per umbel, number of seed per umbel, number of seed per umbelest, grain yield, biological yield and percent and essential oil yield was significant. According to means comparison, the highest value of plant height (75cm), number of umbel per plant (35umbel), number of seed per umbel (325 seed), grain yield (16 gr per plant), biological yield (35 gr per plant), essential oil percent (2.71%) and essential oil yield (0.43 gr per plant) were achieved at mycorrhizal plants with application of 300 mg phosphorus. But, number of seed per umbelest with comparison to the control treatment (without application of chemical or bio fertilizer) decreased. In general, results showed that integrated application of biological and chemical phosphorus fertilizers improved quantity and quality traits of fennel and decreased consumption of chemical phosphorus fertilizer which is in agreement with the sustainable production of medicinal plants and safe environment.

Key word: Essential oil yield, Fennel, Grain yield, Mycorrhiza, Phosphorus fertilizer.