نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۲۹۸-۲۸۹

Agroecology
Vol. 5, No. 3, Fall 2013, p. 289-298

ارزیابی تأثیر همزیستی با میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس دو گونه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و زنیان (*Carum copticum* L.) تحت تأثیر مقادیر نیتروژن

جواد شباهنگ[۱]، سرور خرم دل[۲*] و رحمت اله قشم[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر همزیستی میکوریزایی و سطوح کود نیتروژن بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و اسانس دو گونه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و زنیان (*Carum copticum* L.) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. میکوریزا در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و کود نیتروژن (بصورت اوره) در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان تیمار در نظر گرفته شدند. خاک حاوی میکوریزا (*Glomus intraradices*) به میزان ۲۰۰ گرم به ازای هر بوته در هنگام کاشت، در زیر بذر قرار داده شد. اوره در دو مرحله زمان کاشت و یک‌ماه پس از آن به خاک افزوده شد. صفات مورد بررسی شامل اجزای عملکرد (شامل تعداد شاخه جانبی، چتر، چترک، دانه وز وزن هزار دانه)، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت و محتوی و عملکرد اسانس رازیانه و زنیان بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده تلقیح با میکوریزا و نیتروژن بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و محتوی و عملکرد اسانس رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. تلقیح با میکوریزا باعث افزایش ۳۵ و ۸۵ درصدی عملکرد دانه و بهبود ۳۴ و ۳۰ درصدی محتوی اسانس رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد. با افزایش مصرف نیتروژن، خصوصیات رشدی هر دو گونه دارویی بهبود و محتوی اسانس کاهش یافت. بطوریکه بیشترین عملکرد دانه رازیانه و زنیان در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب برابر با ۱/۴ و ۰/۸ تن در هکتار و کمترین میزان آن برای تیمار بدون مصرف نیتروژن به ترتیب برابر با ۱/۲ و ۰/۶ تن در هکتار مشاهده شد. اثر متقابل همزیستی میکوریزایی و سطوح کود نیتروژن معنی‌دار نبود. بطور کلی، تلقیح با میکوریزا بدلیل توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی عناصر غذایی بویژه فسفر باعث بهبود عملکرد کمی و کیفی هر دو گونه دارویی در مقایسه با شاهد شد. همچنین مصرف نیتروژن نیز با افزایش رشد رویشی، منجر به بهبود فتوسنتز و عملکرد کمّی شد، ولی کاهش درصد اسانس را به دنبال داشت.

واژه‌های کلیدی: سیستم ریشه‌ای، فسفر، کشاورزی اکولوژیک، متابولیت ثانویه

مقدمه

اگرچه گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های طبیعی ایران بوده‌اند که این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوّع و پایداری نقش مهمی ایفا کرده‌اند، با این‌وجود کاشت این گیاهان در نظام‌های کشاورزی از سابقه چندانی برخوردار نیست. در تولید گیاهان دارویی، علاوه بر شرایط آب و هوایی، عوامل خاک به ویژه عناصر غذایی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد، زیرا عناصر غذایی با تأثیری که بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارند، نسبت اندام‌های زایشی به رویشی را تغییر داده و از این طریق بر کمیّت و کیفیّت محصول مؤثر می‌باشند (Azizi, 2000). در همین راستا، نتایج برخی تحقیقات (Abd El-Wahab, 2007) نشان داده است فرآیندهای بیوشیمیایی گیاهان دارویی که تعیین‌کننده کمیّت و کیفیّت است، به محتوی عناصر غذایی خاک بستگی دارد. بنابراین، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد مطلوب گیاه جهت دستیابی به عملکرد قابل قبول امری ضروری می‌باشد.

نیتروژن یکی از اصلی‌ترین عناصر محدودکننده رشد گیاهان محسوب می‌شود (Gliessman, 1997). نتایج مطالعات عبدالوهاب (Abd El-Wahab, 2007) نشان داد که مصرف نیتروژن باعث بهبود رشد رویشی و عملکرد زنیان (*Carum copticum* L.) شد. پیکاگلیا و همکاران (Piccaglia et al., 1993) بیان داشتند که استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث بهبود خصوصیات رویشی و کاهش محتوی اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) شد.

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی و استادیارگروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: khorramdel@um.ac.ir

نتایج برخی بررسی‌ها نیز نشان داده است که نیتروژن بطور معنی‌داری باعث افزایش وزن خشک گونه‌های مختلف نعناع شد، در حالی‌که مصرف این عنصر، کاهش میزان اسانس را به دنبال داشت (Atanasov et al., 1979; Clark & Menary, 1980; Saxena & Sing, 1995). بدین ترتیب، اگرچه نیتروژن یکی از عناصر مؤثر در افزایش تولید گیاهان محسوب می‌شود، ولی مصرف مقادیر بالای این عنصر اثرات نامطلوبی بر خصوصیات کیفی گیاهان دارویی دارد. لذا بایستی میزان مطلوب این عنصر جهت دسترسی به سطح مطلوب عملکرد کمی و کیفی تعیین گردد.

یکی دیگر از عناصر ضروری برای بهبود رشد و دسترسی به عملکرد مطلوب گیاهان دارویی، فسفر می‌باشد. وانس و همکاران (Vance et al., 2003) بیان داشتند که کمبود فسفر باعث کاهش ۴۰-۳۰ درصدی عملکرد شد. ساردانس و همکاران (Sardans et al., 2005) با بررسی فراهمی فسفر بر رشد و گلدهی رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.) گزارش کردند که افزایش فسفر باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه شده و تأثیر مثبتی بر گلدهی گیاه داشت. بنابراین، اگر چه استفاده از کودهای شیمیایی می‌تواند باعث بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاهان شود، ولی با توجه به افزایش هزینه‌های تولید، آلودگی‌های زیست محیطی و همچنین تأثیر سوء کودهای شیمیایی بر خصوصیات کیفی گیاهان دارویی، استفاده از کودهای آلی برای بهبود حاصلخیزی خاک مفید بنظر می‌رسد. لذا در سال‌های اخیر، توجه ویژه‌ای به کاربرد کودهای بیولوژیکی شده است.

کودهای بیولوژیکی که در قالب میکروارگانیسم‌های خاکزی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها به خاک افزوده می‌شوند و رابطه همزیستی با گیاه میزبان برقرار می‌کنند، بدلیل تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از جمله روی و گوگرد (Manaffee & Kloepper, 1994) موجب رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌شوند. میکوریزا یکی از مهمترین کودهای بیولوژیک است که اثرات مثبتی بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاهان همزیست دارد (Harrier & Watson, 2004; Gosling et al., 2006). افزایش سطح فعّال سیستم ریشه‌ای برای بهبود جذب آب و عناصر غذایی به ویژه در شرایط کمبود فسفر (Kapoor et al., 2007)، افزایش فتوسنتز (Copetta et al., 2006) و بهبود مقاومت نسبت به بروز تنش‌های محیطی (Feng et al., 2002; Pinior et al., 2005; El-Mougy et al., 2007)، بهبود خصوصیات خاک (Celik et al., 2004) نمونه‌هایی از نقش این نوع قارچ همزیست می‌باشد. کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) گزارش نمودند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار تعداد چتر، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه رازیانه (*Fueniculum vulgare* Mill.) شد. نتایج مطالعه کوپتا و همکاران (Copetta et al., 2006) نشان داد که ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، زیست توده، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و محتوی اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تلقیح با سه گونه میکوریزا بهبود یافت. گیوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) نیز بیان داشتند که تلقیح گیاهچه‌های نعناع با میکوریزا قبل از انتقال نشاء، باعث بهبود خصوصیات رویشی گیاه شد. آن‌ها دلیل این امر را به تأثیر مطلوب همزیستی بر بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای نشاهای نعناع مربوط دانستند. نتایج مطالعه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) روی تلقیح دو گونه دارویی شوید (*Anethum gravolens* L.) و زنیان نشان داد که همزیستی با میکوریزا بهبود زیست توده هر دو گیاه دارویی را در مقایسه با شاهد به دنبال داشت. راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) نیز دریافتند که همزیستی میکوریزایی باعث بهبود قابل ملاحظه عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martinii* L.) شد. خرم‌دل و همکاران با انجام مطالعات مختلف (Khorramdel et al., 2007; Khorramdel et al., 2010) نیز گزارش کردند که تلقیح میکوریزا (*Glomus intraradaices*) و دیگر باکتری‌های محرک رشد با بذر سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) باعث بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد این گیاه دارویی شد؛ بطوریکه بیشترین عملکرد دانه برای تیمار ترکیبی میکوریزا و *آزوسپیریلوم* مشاهده شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) اظهار نمودند که تلقیح با کودهای بیولوژیکی باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) شد.

بدین ترتیب، چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای بیولوژیکی به منظور بهبود حاصلخیزی خاک، بتواند علاوه بر بهبود خصوصیات خاک تأثیرات منفی کودهای شیمیایی را بر خصوصیات کیفی گیاهان دارویی کاهش دهد. در همین راستا، غریب و همکاران (Gharib et al., 2008) با بررسی اثر ترکیبی تعدادی از کودهای بیولوژیکی (شامل *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum brasilienses*)، ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) و دو گونه باکتری حل-کنندهٔ فسفات (*Bacillus polymyxa* و *B. circulans*) در ترکیب با کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و ورمی کمپوست بر رشد و عملکرد گیاه دارویی مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) بیان داشتند که استفاده ترکیبی از تیمارهای کودی باعث بهبود خصوصیات رشدی این گونه دارویی شد که این امر با کاهش نیاز به افزودن بیشتر کودهای شیمیایی و تأثیرات منفی ناشی از مصرف این کودها را بر خصوصیات کیفی مرزنجوش کاهش داد. بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی اثر تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا و سطوح نیتروژن بر خصوصیات کمّی و کیفی دو گونه دارویی رازیانه و زنیان در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی اثر همزیستی میکوریزایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان تحت تأثیر مصرف مقادیر کود نیتروژن در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۵۹°۲۸'E، عرض جغرافیایی ۳۶°۱۵'N و ارتفاع ۹۸۵ متر) در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

میکوریزا در دو سطح (با تلقیح و بدون تلقیح) و کود نیتروژن به صورت اوره در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان تیمار در نظر گرفته شدند. خاک حاوی میکوریزا (*Glomus intraradices*) به میزان ۲۰۰ گرم به ازای هر بوته در هنگام کاشت، زیر بذر قرار داده شد. عملیات کاشت دو گونه به صورت همزمان، روی ردیف‌هایی با طول سه متر و فاصله بین ردیف و روی ردیف به ترتیب برابر با ۵۰ و ۵ سانتی‌متر انجام شد. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. کود اوره در دو مرحله همزمان با کاشت و یک‌ماه پس از آن همراه با آب آبیاری به خاک افزوده شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهچه‌ها، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با فاصله هر هفت روز یکبار تا پایان فصل رشد انجام شد. در ضمن به منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، آبیاری کرت‌ها و بلوک‌ها به طور کاملاً جداگانه صورت گرفت. علف‌های هرز، در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شدند. بمنظور تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه، عملیات برداشت دو گیاه در زمان زرد شدن برگ‌ها و چترها پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گردید. سپس اندام‌های هوایی در هوای آزاد و سایه خشک و بذرها بوجاری شدند. قبل از برداشت، اجزای عملکرد دو گیاه، شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه از سطح ۰/۲۵ متر مربع اندازه‌گیری و ثبت شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به بیولوژیک محاسبه گردید. پس از آن، ۲۰۰ گرم از بذر هر گونه انتخاب و محتوی اسانس آن با استفاده از کلونجر اندازه‌گیری شد.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Minitab-ver 13 تجزیه شدند. از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq$۰/۰۵) و نرم‌افزار MSTAT-C جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. رسم نمودارها با استفاده نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد و عملکرد

اثر تلقیح با میکوریزا بر اجزای عملکرد دو گونه دارویی رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. همزیستی میکوریزایی اجزای عملکرد هر دو گیاه را در مقایسه با عدم تلقیح بهبود بخشید، به‌طوری‌که تلقیح با میکوریزا، تعداد شاخه جانبی، چتر، چترک و دانه رازیانه را به ترتیب برابر با ۲۵، ۳۶، ۱۴ و ۱۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. میزان بهبود این صفات برای زنیان به ترتیب برابر با ۲۸، ۳۴، ۶۱ و ۳۱ درصد بود (جدول ۲). در شرایط تلقیح با میکوریزا بدلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان همزیست، دسترسی به منابع موجود به ویژه رطوبت و مواد غذایی همچون فسفر افزایش یافته که در نتیجه به دلیل بهبود رشد، افزایش اجزای عملکرد را به دنبال داشته است. کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) نیز افزایش اجزای عملکرد رازیانه تحت تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا را به بهبود شرایط تغذیه‌ای برای بوته‌ها به ویژه افزایش فراهمی فسفر مربوط دانستند. نتایج دیگر بررسی‌ها نیز بهبود اجزای عملکرد برخی گیاهان دارویی همچون سیاهدانه (Khorramdel et al., 2010) و ریحان (Copetta et al., 2006) را در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیکی مختلف به ویژه قارچ میکوریزا تأیید کرده است.

سطوح مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد هر دو گونه دارویی رازیانه و زنیان داشت ($p\leq$۰/۰۱). افزایش میزان نیتروژن از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب بهبود ۱۵، ۲۴، ۲۱ و ۱۵ درصدی به ترتیب برای تعداد شاخه جانبی، چتر، چترک و دانه رازیانه شد. میزان این افزایش برای زنیان به ترتیب برابر با ۲۰، ۲۱، ۵۳ و ۳۱ درصد بود (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که مصرف نیتروژن به‌عنوان عاملی موثر در بهبود رشد رویشی گیاهان از طریق افزایش تولید سطح اندام‌های فتوسنتزکننده، باعث افزایش میزان جذب نور و در نتیجه بهبود فتوسنتز شده (Taiz & Zeiger, 2006; Lambers et al., 2008) که این امر در نهایت، اجزای عملکرد هر دو گونه را در مقایسه با شرایط بدون مصرف نیتروژن بهبود داده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical criteria of the soil

بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل دسترس Available K	فسفر قابل دسترس Available P (پی‌پی‌ام) (ppm)	نیتروژن کل Total N	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم- سیلتی Loam-silty	112	5.5	126	1.12	8.03

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تلقیح با میکوریزا و سطوح نیتروژن بر اجزای عملکرد رازیانه و زنیان

Table 2- Mean comparisons of mycorrhiza inoculation and different nitrogen levels of yield components for fennel and ajowan

رازیانه

Fennel

تیمار Treatment		شاخه جانبی (تعداد در بوته) Branch ($Number.plant^{-1}$)	چتر (تعداد در بوته) Umbel ($Number.plant^{-1}$)	چترک (تعداد در بوته) Umbellet ($Number.plant^{-1}$)	دانه (تعداد در چترک) Seed ($Number.umbellet^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)
میکوریزا Mycorrhiza	با تلقیح With inoculation	4.9a*	6.3a	7.8a	7.8a	2.92a
	بدون تلقیح Without inoculation	4.0b	4.6b	6.8b	8.4b	2.11b
میزان نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen level ($kg.ha^{-1}$)	0	4.1c	4.9c	6.6c	8.6c	2.18c
	50	4.5b	5.4b	7.3b	9.2b	2.50b
	100	4.7a	6.0a	8.0a	9.9a	2.87a

زنیان

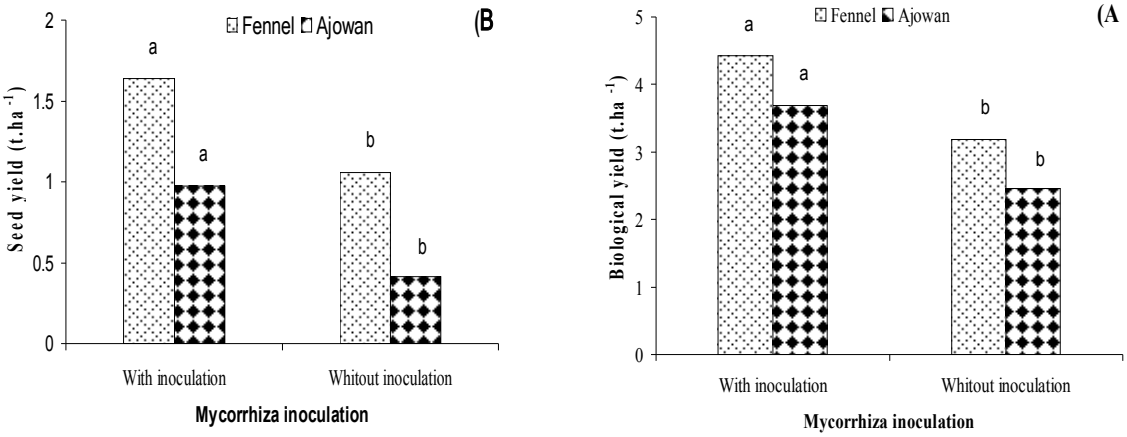
Ajowan

تیمار Treatment		شاخه جانبی (تعداد در بوته) Branch ($Number.plant^{-1}$)	چتر (تعداد در بوته) Umbel ($Number.plant^{-1}$)	چترک (تعداد در بوته) Umbellet ($Number.plant^{-1}$)	دانه (تعداد در چترک) Seed ($Number.umbellet^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)
میکوریزا Mycorrhiza	با تلقیح With inoculation	4.7a	39.2a	9.7a	14.0a	0.27a
	بدون تلقیح Without inoculation	3.6b	29.2b	6.0b	10.7b	0.18b
میزان نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen level ($kg.ha^{-1}$)	0	3.8c	31.5c	6.3c	10.8c	2.5c
	50	4.1b	34.2b	7.5ab	12.0b	2.9b
	100	4.6a	37.5a	9.7a	14.2a	3.7a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، برای هر جزء و هر گونه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* Means with different letters in each column, for each component and each species have not significantly different based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

اثر تلقیح با میکوریزا بر عملکرد اقتصادی و بیولوژیک هر دو گونه دارویی رازیانه و زنیان معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود. همزیستی میکوریزایی باعث بهبود عملکرد بیولوژیک رازیانه و زنیان به ترتیب برابر با ۳۹ و ۵۰ درصد و بهبود عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۳۵ و ۵۸ درصد در مقایسه با عدم تلقیح شد (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد که همزیستی با میکوریزا به دلیل افزایش سرعت و مدت فتوسنتز (Richter et al., 2005; Copetta et al., 2006)، باعث افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن شده که این امر منجر به افزایش عملکرد این گیاهان دارویی شده است. نتایج تحقیق گیوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) نیز مؤید بهبود عملکرد گیاهان تلقیح شده با میکوریزا می‌باشد. علاوه بر این، با مقایسه درصد بهبود اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک و دانه این دو گیاه دارویی در پاسخ به همزیستی با میکوریزا، مشخص است که تلقیح با میکوریزا تأثیر بیشتری بر بهبود رشد زنیان در مقایسه با رازیانه داشته است. چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر احتمالاً مربوط به نیاز بالاتر زنیان در مقایسه با رازیانه به عناصر غذایی قابل دسترس در خاک می‌باشد که این امر، پس از تلقیح با میکوریزا بدلیل واکنش بهتر و بیشتر این گونه دارویی، بهبود عملکرد دانه را به دنبال داشته است.



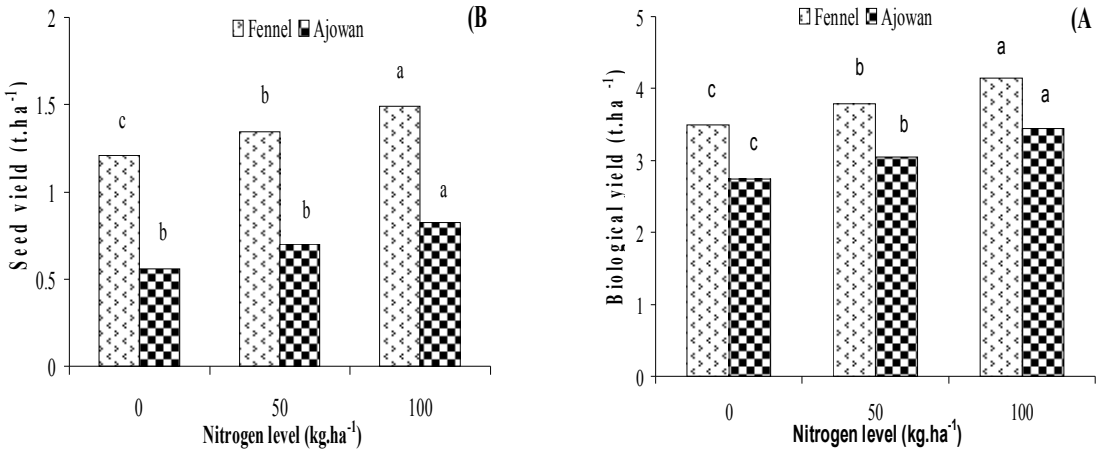
شکل ۱- اثر تلقیح با میکوریزا بر (الف) عملکرد بیولوژیک و (ب) اقتصادی رازیانه و زنیان

Fig. 1- Effect of mycorrhiza inoculation on (A) biological and (B) seed yield of fennel and ajowan

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر شکل و برای هر گونه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (P≤۰/۰۵).

Means with different letters in each shape and for each species have significantly different based on Duncan's test (P≤0.05).

سطوح مختلف مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک و دانه رازیانه و زنیان داشتند (p≤۰/۰۱). افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ۱۹ و ۲۶ درصدی عملکرد بیولوژیک رازیانه و زنیان شد (شکل ۲- الف). مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد دانه رازیانه و زنیان را به ترتیب برابر با ۲۳ و ۴۷ درصد در مقایسه با شاهد بهبود داد (شکل ۲- ب). مصرف نیتروژن بدلیل تأثیر بر تحریک رشد رویشی و به ویژه تولید سطح برگ، میزان تولید مواد فتوسنتزی را بهبود داده که افزایش عملکرد این دو گونه دارویی را به دنبال داشته است (Atanasov et al., 1979; Abd El-Wahab, 2007). برخی تحقیقات نیز بهبود رشد و عملکرد زنیان را در پاسخ به مصرف کود نیتروژن تأیید کرده است (Atanasov et al., 1979; Clark & Menary, 1980; Abd El-Wahab, 2007). همچنین با توجه به واکنش بیشتر زنیان در شرایط مصرف نیتروژن و همزیستی میکوریزایی بنظر می‌رسد که احتمالاً نیاز به عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر در این گیاه دارویی بالاتر از رازیانه می‌باشد که در نتیجه باعث واکنش بیشتر این گونه نسبت به تلقیح با میکوریزا و مصرف نیتروژن شده است.

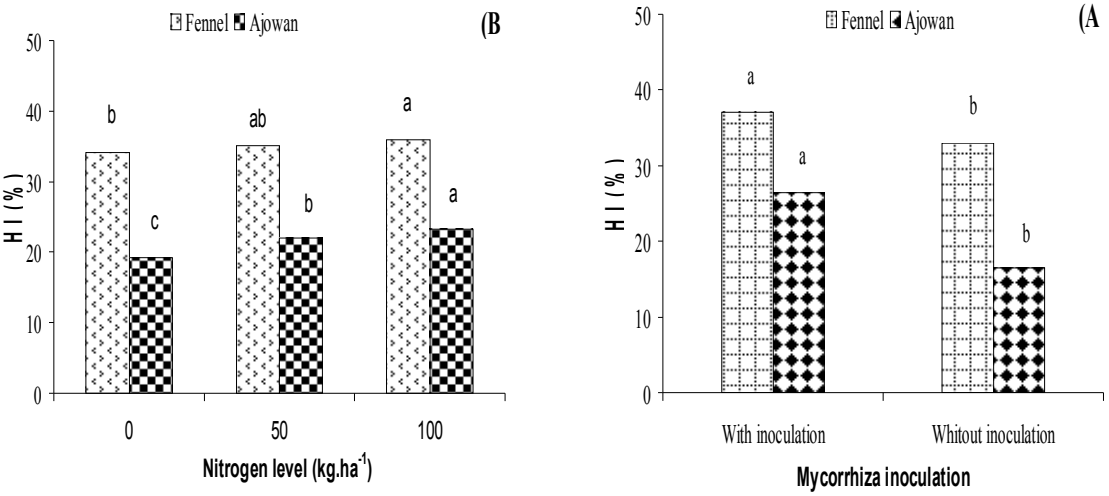


شکل ۲- اثر سطوح نیتروژن بر (الف) عملکرد بیولوژیک و (ب) عملکرد اقتصادی رازیانه و زنیان

Fig. 2- Effect of nitrogen levels on (A) biological yield and (B) seed yield of fennel and ajowan

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر شکل و برای هر گونه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (P≤۰/۰۵).

Means with different letters in each shape and for each species have significantly different based on Duncan's test (P≤0.05).



شکل ۳- اثر (الف) تلقیح با میکوریزا و (ب) سطوح نیتروژن بر شاخص برداشت رازیانه و زنیان

Fig. 3- Effect of (A) mycorrhiza inoculation and (B) nitrogen levels on harvest index of fennel and ajowan

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر شکل و برای هر گونه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (P≤۰/۰۵).

Means with different letters in each shape and for each species have significantly different based on Duncan's test (P≤0.05).

اثر تلقیح با میکوریزا بر شاخص برداشت رازیانه و زنیان معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود. بنظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی با تأثیر بیشتر بر بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی در مقایسه با عملکرد بیولوژیک این دو گیاه دارویی موجب افزایش شاخص برداشت شده است؛ بطوریکه تلقیح باعث افزایش شاخص برداشت به ترتیب برای رازیانه و زنیان در مقایسه با عدم تلقیح شد (شکل ۳). نتایج برخی از بررسی‌ها نیز تأثیر مثبت میکوریزا بر خصوصیات کمّی گیاهان همزیست را اثبات کرده‌است (Harrier et al., 2004; Gosling et al., 2006; Khorramdel et al., 2007; Khorramdel et al., 2010).

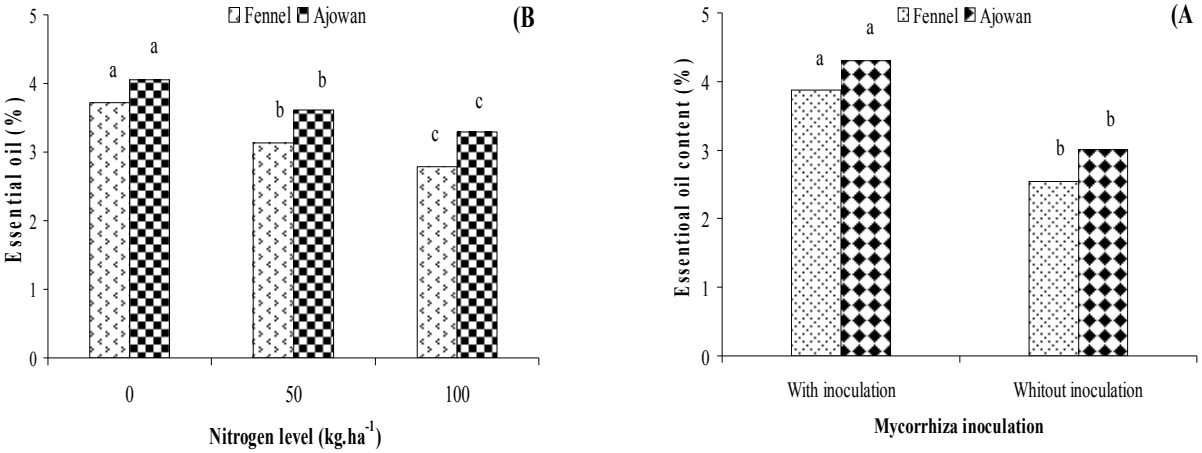
سطوح مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۵) بر شاخص برداشت رازیانه و زنیان داشت. افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث بهبود ۵ و ۲۱ درصدی شاخص برداشت رازیانه و زنیان شد (شکل ۳). اگرچه مصرف نیتروژن باعث بهبود عملکرد دانه و بیولوژیک هر دو گونه دارویی رازیانه و زنیان شد، ولی با توجه به بهبود شاخص برداشت به نظر می‌رسد که میزان افزایش

عملکرد دانه هر دو گونه در پاسخ به مصرف این عنصر ضروری در مقایسه با عملکرد بیولوژیک بالاتر بوده که در نتیجه افزایش این صفت را موجب گردیده است. نتایج برخی بررسی‌ها نیز بهبود رشد و عملکرد تعدادی از گیاهان دارویی را در پاسخ به مصرف کود نیتروژن تأیید کرده است (Atanasov et al., 1979; Clark & Menary, 1980;Abd El-Wahab, 2007).

محتوی و عملکرد اسانس

اثر تلقیح با میکوریزا بر محتوی اسانس رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. محتوی اسانس رازیانه و زنیان در شرایط تلقیح با میکوریزا به ترتیب برابر با ۳/۹ و ۴/۳ درصد بود که باعث بهبود ۳۴ و ۳۰ درصدی محتوی اسانس رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد (شکل ۴- الف). تلقیح با میکوریزا از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و همچنین تولید برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه (Copetta et al., 2006; Kapoor et al., 2007) منجر به افزایش درصد اسانس رازیانه و زنیان شده است. درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) بیان داشتند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش محتوی اسانس رازیانه (۳/۸۸ درصد) شد. نتایج دیگر بررسی‌ها (Richter et al., 2005; Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007; Darzi et al., 2008; Gharib et al., 2008) نیز بهبود میزان اسانس برخی گونه‌های دارویی را در شرایط تلقیح با انواع ریزموجودات خاکزی اثبات کرده است.

سطوح مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر میزان اسانس رازیانه و زنیان داشت. با افزایش کاربرد نیتروژن از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم میزان اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب برابر با ۲۴ و ۲۰ درصد کاهش یافت (شکل ۴- ب). نتایج برخی از بررسی‌ها نیز کاهش محتوی اسانس برخی از گونه‌های دارویی از جمله زنیان (Abd El-Wahab, 2007)، ریحان (Alder et al., 1989) و نعناع فلفلی (Clark & Menary, 1980) را در صورت افزایش مصرف فرم‌های مختلف نیتروژن تأیید کرده است.



شکل ٤- اثر (الف) تلقیح با میکوریزا و (ب) سطوح نیتروژن بر محتوی اسانس رازیانه و زنیان

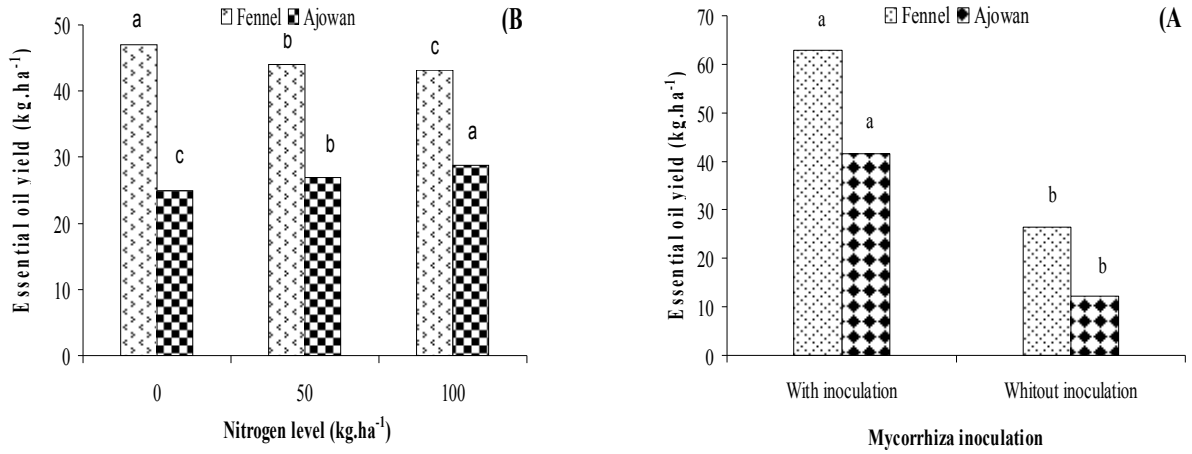
Fig. 4- Effect of (A) mycorrhiza inoculation and (B) nitrogen levels on essential oil content of fennel and ajowan

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر شکل و برای هر گونه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند ($P\leq$۰/۰۵).

Means with different letters in each shape and for each species have significantly different based on Duncan's test ($P\leq0.05$).

اثر تلقیح با میکوریزا بر عملکرد اسانس هر دو گونه دارویی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. تلقیح با میکوریزا عملکرد اسانس رازیانه و زنیان را به ترتیب برابر با ۵۷ و ۸۱ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (شکل ۵- الف). تلقیح با میکوریزا به دلیل تأثیر مثبت بر بهبود رشد و عملکرد دانه (شکل ۱) و محتوی اسانس (شکل ۴- الف)، در نهایت باعث افزایش عملکرد اسانس هر دو گونه دارویی در مقایسه با شاهد شد. نتایج برخی تحقیقات نیز بهبود عملکرد اسانس تعدادی از گیاهان دارویی را تأیید نموده است (Copetta et al., 2006; Darzi et al., 2008; Gharib et al., 2008).

اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد اسانس رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم عملکرد اسانس رازیانه هشت درصد کاهش و عملکرد اسانس زنیان ۱۶ درصد افزایش یافت.



شکل ۵- اثر (الف) تلقیح با میکوریزا و (ب) سطوح نیتروژن بر عملکرد اسانس رازیانه و زنیان

Fig. 5- Effect of (A) mycorrhiza inoculation and (B) nitrogen levels on essential oil yield of fennel and ajowan

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر شکل و برای هر گونه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (P≤۰/۰۵).

Means with different letters in each shape and for each species have significantly different based on Duncan's test (P≤0.05).

اگرچه با افزایش مصرف نیتروژن رشد رویشی و در نتیجه عملکرد دانه بهبود یافت (شکل ۲- ب)، ولی به دلیل تأثیر منفی نیتروژن بر محتوی اسانس (Abd El-Wahab, 2007; Alder et al., 1989; Clark & Menary, 1980) مصرف این عنصر در نهایت، کاهش عملکرد اسانس را به دنبال داشت. نتایج برخی دیگر از تحقیقات (Abd El-Wahab, 2007; Yang et al., 2005) نیز کاهش نسبی عملکرد اسانس برخی گونه‌های دارویی در شرایط مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه تحت تأثیر منفی این کودها بر تولید متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره اثبات کرده است.

با توجه به اینکه اثر متقابل همزیستی میکوریزایی و سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن بر هیچ یک از صفات مورد بررسی در دو گونه دارویی رازیانه و زنیان معنی‌دار نبود، بنظر می‌رسد که استفاده ترکیبی از میکوریزا و کودهای شیمیایی به دلیل تأثیر منفی این کود بر کاهش رشد و جمعیت ریزموجودات مفید خاکزی از جمله میکوریزا (Miller & Jackson, 1998)، نمی‌تواند اثرات مطلوبی بر بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گونه‌های همزیست به همراه داشته باشد، لذا به نظر می‌رسد به منظور بهبود رشد گیاهان در شرایط تلقیح با میکوریزا و کودهای بیولوژیکی بهتر است مصرف کودهای آلی نظیر کود دامی و کمپوست را مدنظر قرار داد.

نتیجه‌گیری

از آنجا که جذب بهتر آب و عناصر غذایی منوط به وجود سیستم ریشه‌ای گسترده می‌باشد، چنین به نظر می‌رسد که عدم گستردگی سیستم ریشه‌ای رازیانه و زنیان و همچنین پایین بودن محتوی فسفر خاک، زمینه را برای فعالیت بهتر قارچ همزیست میکوریزا فراهم کرده که در نتیجه تلقیح با این قارچ منجر به تولید برخی مواد محرک رشد، توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه جذب بهتر عناصر غذایی و به ویژه فسفر شده که در نهایت باعث بهبود رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد اسانس هر دو گونه دارویی رازیانه و زنیان شده است. اگر چه مصرف نیتروژن به دلیل تأثیر مثبت بر رشد و تولید مواد فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد دانه شد، ولی کاهش درصد اسانس این دو گیاه دارویی را به دنبال داشت. همچنین به نظر می‌رسد به منظور بهبود رشد گیاهان در شرایط تلقیح با میکوریزا و کودهای بیولوژیکی بهتر است مصرف کودهای آلی نظیر کود دامی و کمپوست را مدنظر قرار داد.

منابع

1- Abd El-Wahab, A.M. 2007. Effect of nitrogen and magnesium fertilization on the production of (*Trachyspermum ammi* L.) (Ajowan) plants under Sinai conditions. Journal of Applied Sciences Research 3(8): 781-786.

2- Alder, P.R., Simon, J.E., and Wilcox, G.E. 1989. Nitrogen form alters sweet basil growth and essential oil content and composition. Horticultural Science 24: 789-790.

3- Atanasov, Z., Slavov, S.I., Koseva, D., Decheva, R., and Gargova, N. 1979. Application of single and compound mineral fertilizers to peppermint. Plant Science 1: 61-65.

4- Azizi, M. 2000. Study the effect of some environmental and physiological factors on *Hypericum perforatum* L. growth, yield and content of at field and *in vitro* conditions. PhD Thesis of Horticulture, Faculty of Agriculture, Trabiat Modarres University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
5- Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78(1): 59-67.
6- Clark, R.J., and Menary, R.C. 1980. The effect of irrigation and nitrogen on the yield and composition of peppermint oil (*Mentha piperita* L.). Australian Journal of Agricultural Research 31(3): 489–498.
7- Clark, R.J., and Menary, R.C. 1980. The effect of irrigation and nitrogen on the yield and composition of peppermint oil (*Mentha piperita* L.). Australian Journal of Agricultural Research 31: 489-498.
8- Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.
9- 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. (In Persian with English Summary)
10-El-Mougy, N.S., and Abdel-Kader, M. 2007. Antifungal effect of powdered spices and their extracts on growth and activity of some fungi in relation to damping-off disease control. Journal of Plant Protection Research 47(3): 267-278.
11-Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., Tang, C., and Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza 12: 185-190.
12-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 and Biology 10: 381–7.
13-Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press 357 pp.
14-Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., and Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhiza fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 113: 17-35.
15-Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular–arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* 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(1): 77-79.
16-Harrier, L.A., and Watson, C.A. 2004. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. Pest Management Science 60(2): 149-157.
17-Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17:581-587.
18-Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague.). World Journal of Microbiology and Biotechnology 18 (5): 459-463.
19-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.
20-Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2007. Application effects of nitrogen and phosphorous biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-294. (In Persian with English Summary)
21-Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2007. Effects of biofertilizers on the yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)
22-Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 127-137. (In Persian with English Summary)
23-Lambers, H., Chapin, F.S., and Pones, T.L. 2008. Plant Physiological Ecology. 2nd Edition Springer. 604 pp.
24-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.). International Agrophysics 21: 361-366.
25-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". Eds. By C.E. Paankburst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gupta, and P.R. Grace. pp. 23-31. CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia.
26-Miller, A., and Jackson, L.E., 1998. Survey of vesicular–arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil factors. The Journal of Agricultural Science 130: 173-182.
27-Piccaglia, R., Dellacecca, V., Marotti, M., and Giovanelli, E. 1993. Agronomic factors affecting the yields and the essential oil composition of peppermint (*Mentha X piperita* L.). ISHS *Acta Horticulturae* 344: International

Symposium on Medicinal and Aromatic Plants.
28-Pinior, A., Grunewaldt-Stocker, G., Von Alten, H., and Strasser, R.J. 2005. Mycorrhizal impact on drought stress tolerance of rose plants probed by chlorophyll a fluorescence, praline content and visual scoring. Mycorrhiza 15(8): 596-605.
29-Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by *Rhizobacteria*, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiological Research 156: 145-149.
30-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, 4-7th September, Budapest, Hungary.
31-Sardans, J., Roda, F., and Penuelas, J. 2005. Effect of water and a nutrient pulse supply on *Rosemarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. Environmental and Experimental Botany 53: 1-11.
32-Saxena, A., and Sing, J.N. 1995. Effects of irrigation, mulch and nitrogen on yield and composition of corn mint (*Mentha arvensis* L. sub sp. Haplocalyx var. piperascens) oil. Blackwell Wissenschafts-Verlag-Berlin 183-188.
33-Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. The Benjamin Publishing Co. 764 pp.
34-Vance, C.P., Uhde-Stone, C., and Allan, D.L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a non- renewable resource. New Physiology 157: 423-447.
35-Yang, M.S., Tawaha, A.R.M., and Lee, K.D., 2005. Effects of ammonium concentration on the yield, mineral content and active terpene components of *Chrysanthemum coronarium* L. in a hydroponic system. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(2): 170-175.