نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 7، شماره 2، تابستان 1394، ص. 224-215

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 215-224

# بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

احمد غلامی[1*]، ایمان اکبری[2] و حمید عباس دخت[1]

تاریخ دریافت: 1393/02/27
تاریخ پذیرش: 1393/06/02

## چکیده

یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به‌کارگیری کودهای زیستی در تولید محصولات می‌باشد. بر این اساس به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر خصوصیات رشد و عملکردگیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال 91-1390 انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ مایکوریزا (بدون تلقیح و تلقیح با قارچ *Glomusintra radices*)، ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، چهار و هشت تن در هکتار) و اسیدهیومیک در دو سطح (محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی) بودند. نتایج نشان داد که اثر اصلی کاربرد قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع، تعداد چتر، وزن دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که قارچ مایکوریزا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان 8/5 و 20 درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که اثر متقابل قارچ مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه از ترکیب تیماری مایکوریزا و هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست (به ترتیب حدود 21 و 45 درصد افزایش نسبت به شاهد) به دست آمد. همچنین ترکیب تیماری قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع و عملکرد بیولوژیک رازیانه اثر معنی‌داری داشت.

**واژه‌های کلیدی**: اسید هیومیک، محلول‌پاشی، مایکوریزا، ورمی‌کمپوست

## مقدمه

امروزه زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی شناخته شده و بدیهی است که باید جایگزین مناسبی برای این نوع کودها در نظر گرفته شود. هدف کشاورزی پایدار، کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه عناصر غذایی خاک و استفاده از کودهای زیستی و آلی به منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی است (Koocheki et al., 2008). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آن‌ها می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (Salehrastin, 2001). استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید گیاهان دارویی فراهم کرده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را فراهم می‌کند. قارچ‌های *مایکوریزا آرباسکولار* و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش کمیت، کیفیت و پایداری عملکرد محصول نقش مهمی در این سیستم‌ها ایفاء می‌کنند. قارچ‌های مایکوریزا سبب بهبود کیفیت فیزیکی (گسترش ریسه‌های قارچ)، شیمیایی (افزایش جذب عناصر غذایی) و زیستی (شبکه غذایی) خاک می‌شوند (Sharma, 2002). رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در بین گیاهان دارویی اهمیت زیادی داشته که از اسانس آن (آنتول) در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی

1 و 2- به ترتیب دانشیار گروه زراعت و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: ahgholami@yahoo.com)

و بهداشتی استفاده می‌شود (Darzi et al., 2008). همزیستی مایکوریزایی از طریق گسترش هیف‌های قارچ در خاک موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی و دانه گیاه رازیانه شد و متعاقب آن وزن خشک گیاه افزایش یافت (Kapoor et al., 2004). نتایج تحقیق درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) بر روی گیاه دارویی رازیانه نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه در بوته‌های تلقیح شده با مایکوریزا حاصل شد. شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2013) با بررسی اثر همزیستی مایکوریزایی بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان (*Carum copticum* L.) گزارش نمودند که تلقیح با مایکوریزا باعث افزایش 35 و 85 درصدی عملکرد دانه و بهبود 34 و 30 درصدی محتوی اسانس رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد. این محققان در مطالعه‌ای دیگر (Shabahng et al., 2014) نشان دادند که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) را به ترتیب برابر با 19 و 14 درصد به دنبال داشت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) دلیل افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی رازیانه در شرایط همزیستی با مایکوریزا به تولید انواع هورمون-ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

ورمی‌کمپوست محصول فرآیندی است که از گونه خاصی از کرم-های خاکی برای تبدیل مواد آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست مواد غذایی را به فرم قابل جذب در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Sreenivas et al., 2000) (Sharma, 2005). شارما (Sharma, 2002) گزارش کرد که میزان نیتروژن، کلسیم، منیزیم و پتاسیم در ورمی‌کمپوست به ترتیب 5، 14، 3 و 11 برابر خاک زراعی است. نتایج بررسی آستارایی و کوچکی (Astaraei & Koocheki, 1996) نشان داد که کاربرد 20 درصد ورمی‌کمپوست و 80 درصد خاک در مقایسه با شاهد (خاک) باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه، تعداد و وزن هزار دانه در گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) می‌شود. در بررسی درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) مشخص شد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر اجزاء عملکرد کمی، موجب بهبود عملکرد دانه رازیانه شد و به علاوه درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه را افزایش داد. نتایج بررسی‌های دیگر نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار در ارتفاع بوته و درصد برگ و گل‌آذین در گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis* L.) (Rezvani Moghadam et al., 2009) و تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد، وزن خشک محصول و وزن دانه گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) داشت (Anwar et al., 2005).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج یافته است. هیومیک‌اسید یک ماده آلی کاملاً طبیعی است که از تجزیه نهایی مواد آلی خاک توسط میکروارگانیزم‌ها به دست می‌آید. اسیدهیومیک رشد قسمت‌های هوایی و ریشه گیاهان را تحریک می‌کند.کاربرد آن حجم ریشه‌ها را افزایش داده و باعث اثربخشی سیستم ریشه می‌گردد (Sabzevari et al., 2009). اسیدهیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد (Chen et al., 1999). اسیدهیومیک علائم کلروز در گیاهان را بهبود می‌بخشد که احتمالاً نتیجه توانایی این اسید برای نگهداری آهن خاک به فرم قابل جذب است (Samavat et al., 2008).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر کود زیستی مایکوریزا و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و هیومیک‌اسید بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، در بهار سال زراعی 91-1390 و در عرض جغرافیایی 36 درجه و 25 دقیقه شرقی و 54 درجه و 57 دقیقه شمالی و ارتفاع 1349/9 متر از سطح دریا به اجرا درآمد. در ابتدا از خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام گرفت و مشخص گردید که بافت خاک لومی و pH آن 7/4 می‌باشد (جدول 1). این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش ورمی‌کمپوست در سه سطح شامل: $v_1$ (عدم مصرف)، $v_2$ (چهار تن) و $v_3$ (هشت تن در هکتار)، قارچ مایکوریزا در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و اسیدهیومیک نیز در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) در نظر گرفته شد. مایه تلقیح مایکوریزایی به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده و حاوی گونه *Glomus intraradices* بود. به منظور اجرای آزمایش در هر کرت آزمایشی پنج ردیف کاشت با فاصله 50 سانتی‌متر و به طول پنج متر در نظر

گرفته شد. قارچ مایکوریزا در حین کاشت بذر بـه میـزان ده گـرم در گودال‌های ایجاد شده به زمین اضافه و ورمی‌کمپوست نیز در حاشیه خطوط کاشت قرار گرفت. اسیدهیومیک در سه مرحله (رویشی، زایشی و سفت شدن دانه‌ها) طبق مقدار توصیه شده (200 میلی‌گرم در لیتر) محلول‌پاشی شد. جهت تعیین تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر اجـزای عملکرد، از سه خط میانی پنج بوته به طور تصادفی انتخـاب و مـورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور تعیین عملکرد دانـه در واحـد سـطح از مساحتی معادل دو مترمربع از خطوط میانی هر کرت، بوته‌ها برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد در سایه، دانه آن‌ها جدا گردیـد. برای تعیین درصد همزیستی مایکوریزایی، قسمتی از ریشه گیـاه بـه صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها بـا آب جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به مدت 48 ساعت در دمای اتـاق نگهـداری شـدند. سـپس ریشه‌ها شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی بـه مـدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم مولار قرار داده شدند. ریشه‌هـا را در محلول رنگ‌آمیزی (شامل نسبت‌هـایی از اسـیدلاکتیک، گلیسـیرین، تریپان بلو و آب مقطر) به مدت 24-12 ساعت قرار داده شـد. بعـد از رنـگ‌آمیـزی، نمونـه‌هـا در محلـول 1:1 گلیسـرین و اسـیدلاکتیک نگهداری شدند. بـرای مشـاهده و بررسـی درصـد آلـودگی، از روش خطوط متقاطع اسـتفاده شـد (Giovannetti & Mosse, 1980). در نهایت تجزیه تحلیل داده‌های آزمایش و رسم شکل‌های مربـوط بـه آن‌ها توسط نـرم افزارهـای SAS 9.1، Mstat-C و Excel صـورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمـون حـداقل تفـاوت معنـی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام پذیرفت.

## نتایج و بحث

**ارتفاع بوته:** بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جـدول 2) ارتفاع بوته توسط سه فاکتور تلقیح مـایکوریزایی، ورمـی‌کمپوسـت و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به طور معنی‌داری در سـطح یـک درصـد تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین اثرات سه جانبه عوامل مورد بررسـی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمار-ها نشان داد که بین ارتفاع بوته در تیمار تلقیح مـایکوریزایی (70/22 سانتی‌متر) و عدم تلقیح (67/97 سانتی‌متر) تفاوت معنـی‌داری وجـود داشت، به طوری‌که ارتفاع بوته در تلقیح با مـایکوریزا در حـدود سـه درصد بیشتر بود (جدول 3). مقایسه میانگین تیمارها نیز بیانگر آن بود که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته نیـز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به نحوی‌کـه ارتفـاع بوتـه در سـطح هشت تن ورمی‌کمپوست (73/93 سانتی‌متر) نسبت به کـاربرد چهـار تن ورمی‌کمپوست (68/07 سانتی‌متر) و شاهد (65/35 سانتی‌متر) به ترتیـب افـزایش هشـت و 11/5 درصـدی را نشـان داد (جـدول 3). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین دو سطح محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی اسیدهیومیک از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنـی‌داری وجـود داشـت بـه نحـوی‌کـه ارتفـاع بوتـه در تیمـار محلـول‌پاشـی اسیدهیومیک (70/47 سانتی‌متر) حدود چهار درصـد بیشـتر از تیمـار عدم محلول‌پاشـی (67/72 سـانتی‌متـر) بـود (جـدول 3). همچنـین مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نیز نشان داد که بیشـترین ارتفـاع بوته از ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با مصرف هشت تـن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسـیدهیومیک (76/8 سـانتی‌متـر) بـه دست آمد که نسبت به شاهد (60/7 سانتی‌متر) افزایش 26 درصدی را نشان داد (شکل 1).

نتایج گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) و راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) بـه ترتیـب بـر روی گیـاه نعنـاع (*Mentha piperita* L.) و علـف لیمـو (*Cymbopogon citratus* L.) و نیـز اردکانی و همکـاران (Ardekani et al., 2000) بـر روی گنـدم (*Triticum aestivum* L.) بیانگر آن است که تلقیح با قـارچ مـایکوریزا سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود. به نظـر مـی‌رسـد کـه همزیسـتی مایکوریزایی با ریشه رازیانه سبب افزایش فتوسـنتز شـده و ایـن امـر موجب رشد بیشتر و بهبود ارتفاع گیاه شده است.

**جدول 1- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

**Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental station**

| کربن آلی (درصد) OC (%) | اسیدیته خاک pH | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$) | نیتروژن کل (درصد) Total N (%) | فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm) | پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm) | بافت Texture |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.71 | 7.81 | 2.3 | 0.054 | 13.7 | 147 | لومی- سیلتی Silty- loam |

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه تحت تأثیر ورمی‌کمپوست (V)، مایکوریزا (M) و اسیدهیومیک (H)

Table 2- Analysis of variance of yield and yield components of fennel affected by vermicompost, mycorrhiza and humic acid

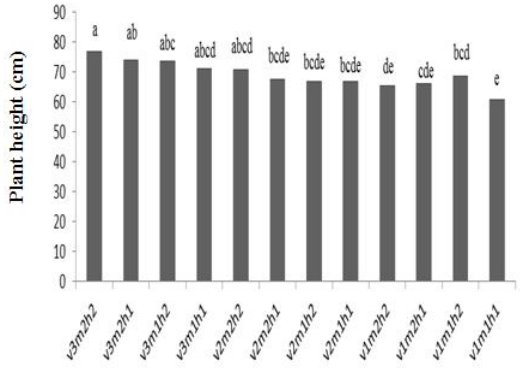
| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی df | ارتفاع Height | تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant$^{-1}$ | تعداد دانه در چتر No. of seed.umbel$^{-1}$ | وزن دانه در بوته Seed weight Per plant | وزن هزار دانه 1000- seed weight | عملکرد دانه Seed yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک Block | 2 | 0.325$^{ns}$ | 14.58$^{ns}$ | 1032.86$^{ns}$ | 0.215$^{ns}$ | 0.080$^{ns}$ | 6278.26$^{ns}$ | 40548.16$^{ns}$ | 1.951$^{ns}$ |
| V | 2 | 231.20$^{**}$ | 89.58$^{**}$ | 4188.52$^{**}$ | 67.53$^{**}$ | 1.613$^{**}$ | 274591.83$^{**}$ | 2229021.10$^{**}$ | 15.93$^{**}$ |
| M | 1 | 45.56$^{**}$ | 177.77$^{**}$ | 5329.00$^{**}$ | 103.05$^{**}$ | 0.088$^{ns}$ | 80863.36$^{**}$ | 4743466.34$^{**}$ | 114.16$^{**}$ |
| V × M | 2 | 2.73$^{ns}$ | 4.86$^{ns}$ | 3655.75$^{**}$ | 0.186$^{ns}$ | 0.405$^{**}$ | 18268.85$^{*}$ | 5603.46$^{ns}$ | 6.336$^{ns}$ |
| H | 1 | 68.06$^{**}$ | 49.00$^{**}$ | 1067.11$^{ns}$ | 125.25$^{**}$ | 1.656$^{**}$ | 326191.15$^{**}$ | 4143735.34$^{**}$ | 1.720$^{ns}$ |
| V × H | 2 | 2.85$^{ns}$ | 3.08$^{ns}$ | 256.02$^{ns}$ | 1.47$^{ns}$ | 0.072$^{ns}$ | 10389.40$^{ns}$ | 56593.75$^{ns}$ | 12.73$^{ns}$ |
| M × H | 1 | 7.20$^{ns}$ | 4.00$^{ns}$ | 21.77$^{ns}$ | 3.139$^{ns}$ | 0.078$^{ns}$ | 16977.62$^{ns}$ | 75634.17$^{ns}$ | 0.017$^{ns}$ |
| V × M × H | 2 | 29.55$^{**}$ | 7.58$^{ns}$ | 56.69$^{ns}$ | 0.209$^{ns}$ | 0.111$^{ns}$ | 12784.02$^{ns}$ | 86221.46$^{**}$ | 5.53$^{ns}$ |
| خطا Error | 22 | 6.98 | 5/49 | 516.68 | 1.376 | 0.062 | 4509.62 | 23637.49 | 4.91 |
| ضریب تغییرات (درصد) CV (%) | | 4.82 | 7.29 | 11.36 | 7.36 | 6.03 | 5.83 | 6.13 | 7.12 |

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 1% and 5% probability level and not significant, respectively.

M: همزیستی مایکوریزایی، V: ورمی‌کمپوست و H: محلول‌پاشی اسیدهیومیک

M: mycorrhica symbiosis, V: vermicompost and H: spraying with humic acid




**شکل 1- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته رازیانه**
**Fig. 1- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid plant height**

ورمی‌کمپوست نیز از طریق قابلیت نگهداری زیـاد آب و تـدارک مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده رازیانه تأثیر مثبت داشته و موجب بهبود ارتفاع بوته گردیده اسـت. درزی و همکـاران (Darzi et al., 2006) بیـان کردنـد کـه بیشترین ارتفاع بوته رازیانه از مصرف ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند که ورمـی‌کمپوسـت بـا افـزایش در جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته گردیده است.

**جدول 3- اثرات ساده و متقابل ورمی‌کمپوست، مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه**
**Table 3- The simple and interaction effect of vermicompost, mychorriza and humic acid on yield and yield components of fennel**

| تیمار Treatment | ارتفاع (سانتی متر) Height (cm) | تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant$^{-1}$ | تعداد دانه در چتر No. of seed.plant$^{-1}$ | وزن دانه در بوته Seed weight.plant$^{-1}$ | وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g) | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha$^{-1}$) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha$^{-1}$) | شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_1$ | 67.97$^{b*}$ | 29$^{b}$ | 187$^{b}$ | 14.23$^{b}$ | - | 3357.25$^{b}$ | 1104.58$^{b}$ | 32.91$^{a}$ |
| $M_2$ | 70.22$^{a}$ | 34$^{a}$ | 212$^{a}$ | 17.68$^{a}$ | - | 4083.22$^{a}$ | 1199.37$^{a}$ | 29.35$^{b}$ |
| $V_1$ | 65.35$^{b}$ | 29$^{b}$ | 188$^{b}$ | 13.53$^{c}$ | 3.86$^{b}$ | 3251.12$^{c}$ | 1016.16$^{c}$ | 31.22$^{a}$ |
| $V_2$ | 68.07$^{b}$ | 32$^{ab}$ | 190$^{b}$ | 15.96$^{b}$ | 3.99$^{b}$ | 3812.21$^{b}$ | 1125.12$^{b}$ | 29.52$^{b}$ |
| $V_3$ | 73.93$^{a}$ | 34$^{a}$ | 221$^{a}$ | 18.38$^{a}$ | 4.55$^{a}$ | 4098.16$^{a}$ | 1315.12$^{a}$ | 32.08$^{a}$ |
| $H_1$ | 67.72$^{b}$ | 31$^{b}$ | - | 14.12$^{b}$ | 3.91$^{b}$ | 3380.18$^{b}$ | 1056.60$^{b}$ | - |
| $H_2$ | 70.47$^{a}$ | 33$^{a}$ | - | 17.80$^{a}$ | 4.34$^{a}$ | 4059.27$^{a}$ | 1247.62$^{a}$ | - |
| $M_1 \times V_1$ | - | - | 184$^{b}$ | - | 3.84$^{b}$ | - | 924.45$^{d}$ | - |
| $M_1 \times V_2$ | - | - | 174$^{b}$ | - | 3.74$^{b}$ | - | 1108.76$^{c}$ | - |
| $M_1 \times V_3$ | - | - | 193$^{b}$ | - | 4.43$^{a}$ | - | 1280.56$^{b}$ | - |
| $M_2 \times V_1$ | - | - | 196$^{b}$ | - | 3.88$^{b}$ | - | 1107.36$^{c}$ | - |
| $M_2 \times V_2$ | - | - | 202$^{b}$ | - | 4.23$^{ab}$ | - | 1142.35$^{c}$ | - |
| $M_2 \times V_3$ | - | - | 250$^{a}$ | - | 4.66$^{a}$ | - | 1349.12$^{a}$ | - |

$M_1$ و $M_2$: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با قارچ مایکوریزا، $V_1$، $V_2$ و $V_3$: به ترتیب عدم مصرف ورمی‌کمپوست، مصرف چهار و هشت تن در هکتار و $H_1$ و $H_2$: به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک

$M_1$ and $M_2$: Mycorrhizal non-inoculated and inoculated, $V_1$, $V_2$ and $V_3$: 0, 4 and 8 t.ha$^{-1}$ and $H_1$ and $H_2$: non-foliar application and foliar application, respectively.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نمی‌باشد.

* Means followed by similar letters in each column are not significantly different at α= 5% probability level.

در خصوص اثرات اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته گندم سبزواری و همکاران (Sabzevari et al., 2009) بیان کردند که مصرف 300 میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک باعث افزایش چشمگیری در ارتفاع گیاه گندم شد که این افزایش ارتفاع را می‌توان به دلیل تأثیر اسیدهیومیک در افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و متعاقباً افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه دانست.

**تعداد چتر در بوته**: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) اثر هر سه فاکتور قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر تعداد چتر در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه آن‌ها معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول 3) که از نظر تعداد چتر در بوته بین تلقیح مایکوریزا (34 چتر در بوته) و عدم تلقیح (29 چتر در بوته) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ به طوری‌که تعداد چتر در بوته در تلقیح با مایکوریزا حدود 17/2 درصد بیشتر بود. همچنین مقایسه میانگین تیمارها تفاوت معنی‌داری را بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تعداد چتر در بوته نشان داد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار هشت تن ورمی‌کمپوست (34 چتر در بوته) در مقایسه با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست (32 چتر در بوته) و نسبت به تیمار شاهد (29 چتر در بوته) به ترتیب شش و 17 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). همچنین نتایج نشان داد که بین تعداد چتر در بوته در تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (33 چتر در بوته) در مقایسه با تیمار شاهد (31 چتر در بوته) حدود 6/4 درصد افزایش یافت (جدول 3). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) اظهار داشتند که همزیستی مایکوریزایی از طریق بهبود تغذیه گیاه و افزایش زیست‌توده در گیاه رازیانه موجب تسریع در گل‌دهی و افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) و با استفاده از مقادیر پنج و ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست صورت گرفت مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست، به طور معنی‌داری تعداد گل‌ها را در مقایسه با شاهد افزایش داد. این تأثیر مثبت از طریق افزایش فعالیت میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز تدارک جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و متعاقباً باعث افزایش گل‌دهی می‌شود. اسیدهیومیک نیز با قدرت کلات‌کنندگی که دارد سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در تحقیقی که کیانی و همکاران (Kiyani et al., 2011) بر روی گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) انجام دادند بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک باعث افزایش تعداد گل در گیاه دارویی بابونه می‌شود.

**تعداد دانه در چتر**: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر تلقیح مایکوریزا، استفاده از ورمی‌کمپوست و اثر متقابل بین مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 3) که بین تلقیح مایکوریزایی و عدم تلقیح تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در چتر وجود داشت (به ترتیب 212/22 و 187/88 دانه در چتر) به نحوی‌که تعداد دانه در چتر در نتیجه تلقیح مایکوریزایی حدود 12/9 درصد بیشتر بود. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر (جدول 3) نیز بیانگر آن بود که بین شاهد و کاربرد چهار تن در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی مصرف هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در چتر داشت. کاربرد هشت تن در هکتار سبب افزایش 17/8 درصد تعداد دانه در چتر نسبت به شاهد شد (به ترتیب 221 و 188 دانه در چتر). همچنین مقایسات میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر تعداد دانه در چتر نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (250 دانه در چتر) نسبت به شاهد (184 دانه در چتر) افزایش معنی‌دار 35 درصدی را نشان داد (جدول 3). تعداد دانه در چتر تابعی از تراکم بوته و تعداد چتر در بوته است و به شرایط محیطی زمان گرده‌افشانی نیز بستگی دارد. افزایش تعداد چتر در بوته خود ناشی از مصرف کودهای آلی و بیولوژیک است که توسط مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) گزارش شده است.

**وزن دانه در بوته**: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر عوامل مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر وزن دانه در بوته معنی‌دار بود ($p\leq 0/01$) (جدول 2). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین اثر تلقیح مایکوریزا و عدم تلقیح از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری دیده می‌شود به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار تلقیح مایکوریزا (17/68 گرم) نسبت به تیمار عدم تلقیح (14/23 گرم) حدود 24 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). همچنین مقایسات

میانگین نشان داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری به چشم می‌خورد به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (18/38 گرم) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (15/96 گرم) و شاهد (13/53 گرم) به ترتیب حدود 15 و 35 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). در خصوص محلول‌پاشی اسیدهیومیک نیز مشاهده شد که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (17/80 گرم) نسبت به تیمار شاهد (14/12 گرم) افزایش 26 درصدی را از نظر وزن دانه در بوته نشان داد (جدول 3). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک با تحریک رشد ریشه و در نتیجه افزایش میزان آب قابل دسترس برای گیاه، بهبود مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی و ساختمان خاک، سرعت و مدت فتوسنتز را افزایش داد و باعث افزایش وزن دانه در بوته می‌شود (Atiyeh et al., 2002). سبزواری و خزایی (Sabzevari & Khazaeei, 2009) با بررسی چهار سطح (صفر، 100، 200 و 300 میلی‌گرم) هیومیک‌اسید روی گندم بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله شد.

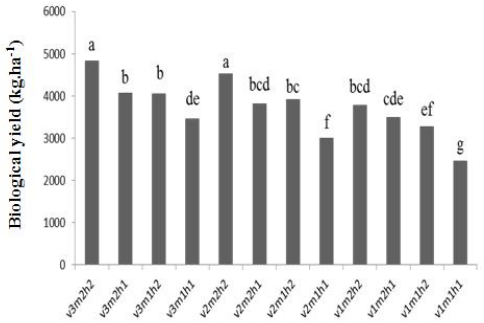
**وزن هزار دانه**: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) مبین آن بود که اثر عوامل اصلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک و نیز اثر متقابل تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول 3) که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (4/55 گرم) در مقایسه با مصرف چهار تن ورمی‌کمپوست (3/99 گرم) و تیمار شاهد (3/86 گرم) به ترتیب به میزان 14 و 17/5 درصد افزایش نشان داد. نتایج تأثیر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی (4/34 گرم) در مقایسه با تیمار شاهد (3/91 گرم) در حدود 11 درصد افزایش یافت (جدول 3). همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر روی وزن هزار دانه نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد. به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (4/66 گرم) نسبت به شاهد (3/84 گرم) افزایش 21 درصدی را در مورد وزن هزار دانه نشان داد (جدول 3). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) بیان کردند که تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب بهبود وزن هزار دانه در گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) نسبت به شاهد شد. ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک می‌توانند از طریق بهبود میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده گیاهی، وزن هزار دانه را افزایش دهند. همچنین تلقیح مایکوریزایی هم سبب می‌گردد که در زمان پر شدن دانه، شیره پرورده بیشتری به دانه منتقل شده و سبب بهبود وزن هزار دانه گردد.

**عملکرد دانه**: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) تأثیر هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا (1199/37 کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار شاهد (1104/58 کیلوگرم در هکتار) افزایش 8/5 درصدی داشت (جدول 3). در تحقیقی که محمدی و همکاران (Mohamadi et al., 2013) بر روی گیاه نخود (*Pisum sativum* L.) انجام دادند بیان کردند که کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد غلاف نسبت به شاهد شد. همچنین بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد دانه نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که عملکرد دانه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (1315 کیلوگرم در هکتار) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (1125 کیلوگرم در هکتار) و شاهد (1016 کیلوگرم در هکتار) به ترتیب 17 و 29/5 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). در خصوص اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد دانه، جدول مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (1247/6 کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد (1056/6 کیلوگرم در هکتار) به میزان 18 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه نیز نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و مصرف هشت تن ورمی‌کمپوست (1349 کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (924 کیلوگرم در هکتار) افزایش 45 درصدی را نشان داد (جدول 3). طبق نتایج تحقیقات کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا می‌تواند ناشی از بهبود اجزای عملکرد در گیاه رازیانه باشد. در تحقیقی که رضایی و همکاران (Rezaeei & Baradaran, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendola persica* L.) انجام دادند بیان کردند که مصرف کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته، عملکرد زیست‌توده، وزن هزار دانه و

شاخص برداشت شد. در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر قدرت جذب و نگهداری طوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس بر افزایش اجزای عملکرد رازیانه تأثیر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه گردیده است. اسیدهیومیک نیز از طریق اعمال اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. ناردی و همکاران (Nardi et al., 2002) بیان کردند که اسیدهیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزی شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.

**عملکرد بیولوژیک**: طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری توسط هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثرات سه جانبه در سطح پنج درصد تحت تأثیر قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مقدار عملکرد بیولوژیک در تلقیح مایکوریزا (4083/22 کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم تلقیح (3357/25 کیلوگرم در هکتار) حدود 20 درصد افزایش وجود داشت (جدول 3). مقایسه میانگین نتایج نشان‌ها داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (4098 کیلوگرم در هکتار) نسبت به کاربرد چهار تن (3812 کیلوگرم) و تیمار شاهد (3251 کیلوگرم در هکتار) به ترتیب افزایش 7/5 و 26 درصدی در عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول 3). بین محلول‌پاشی اسیدهیومیک و عدم محلول‌پاشی از نظر تأثیر بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری دیده شد به طوری‌که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (4059/51 کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (3380/97 کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش 20 درصد در عملکرد بیولوژیک شد (جدول 3). مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نشان داد که ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (4823 کیلوگرم در هکتار) از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد (2463 کیلوگرم در هکتار) برتری 90 درصدی داشت (شکل 2).

قارچ‌های مایکوریزا از طریق بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. در همین زمینه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) بر روی گیاه دارویی رازیانه به نتایج مشابهی دست یافتند. در تحقیقی که فرجامی و نبوی (Farjami & Nabavi, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار انجام دادند بیان کردند که بیشترین عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس و ماده مؤثره گل در سطح مصرف ده کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و بیشترین عملکرد بذر نیز از مصرف پنج کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به دست آمد. گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) بر روی نعناع و کاپور (Kapoor et al., 2002) بر روی شوید بیان کردند که کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تلقیح مایکوریزا باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در عملکرد بیولوژیکی نسبت به شاهد می‌شود. انور و همکاران (Anwar et al., 2005) در مطالعه خود بر روی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و گیاه دارویی نعناع مشاهده نمودند که کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیکی را بهبود بخشید. اعتقاد بر این است که ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه موجبات رشد بهتر اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک را فراهم می‌کند. آیاس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسیدهیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و بالطبع افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌شود.




**شکل2- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد بیولوژیک رازیانه**

**Fig. 2- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid on biological yield**

**شاخص برداشت**: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارها بر شاخص برداشت نشان داد که بین تلقیح مایکوریزایی (29/35 درصد) و عدم تلقیح (32/91 درصد) تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به نحوی‌که شاخص برداشت در تلقیح با مایکوریزا (29/35

درصد) نسبت به عدم تلقیح (32/92 درصد)، کاهش نشان داد (جدول 3) که البته این نتایج با نتایج درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) مطابقت داشت. نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به دست آمد (جدول 3). به نظر می‌رسد که تأثیر همزیستی مایکوریزایی در بهبود رشد و افزایش عملکرد بیولوژیکی بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد اقتصادی گیاه بوده و به همین دلیل موجب کاهش در شاخص برداشت گردید است.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به خوبی تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست، تلقیح با قارچ مایکوریزا و محلول‌پاشی اسیدهیومیک را بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه نشان داد. از آن‌جا که در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی متعددی گردیده است، لذا به‌کارگیری این تیمارها بدون ایجاد صدمات زیست‌محیطی و با حفظ پایداری محیط و فراهم‌آوری عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش عملکرد محصول می‌شوند.

## منابع


Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.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. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzer, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresource. Technology 93: 145-153.

Ardekani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Noor Mohamadi, G.H. 2000. Evaluation of mycorrhizal efficiency on different level of phosphorus and application effects on some wheat traits. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 17-27. (In Persian with English Summary)

Astaraei, A., and Koocheki, A. 1996. Biofertilizer Application in Sustainable Agriculture. Publication of Jihade Daneshgahi Mashhad, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.

Chen, y., Clap, C.E., Magen, H., and Clin, V.W. 1999. Stimulation of plant Growth by Humic substances: Effects on Iron Availability. In: Ghabbour, E.A., and Davies, G. understanding Humic substances: Advanced Methods, properties and applications. Royal society of chemistry, Cambridge. UK.

Darzi, M., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Effects of mycorrhiza, vermicompost and biophosphate on flowering, biological yield and root symbiosis on *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 88-109 (In Persian with English Summary)

Darzi, M., Ghalavand, A., Rajali, F., and Sefidkan, F. 2006. Effects of biofertilizer application on yield and yield components of *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research 22(4): 276-292. (In Persian with English Summary)

Farjami, A., and Nabavi, K. 2013. Role of humic acid and phosphorus on quality and quantity of marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Ecophysiology 8(4): 443-452. (In Persian with English Summary)

Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular *arbuscular* mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.

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.

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

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bio inoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 459-463.

Kiyani, M., Nabavi Kalat, S.M., and Kelarestaghy, K. 2011. Study on the effects of humic acid and phosphorus on flower yield of *Matricaria*. 6th National Conference on New Idea in Agriculture, Khoorasgan Islamic Azad University. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Jahan, M., and Nassiri Mahallti, M. 2008. Effects of *arbuscular* mycorrhizal fungi and free-living nitrogen- fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR). Modena, Italia.

Mohamadi, A., Asghari, H.R., and Gholami, A. 2013. Use of biological fertilizer (mycorrhizal fungi) on phosphorus availability in cicer (*Cicer arietinum* L.). Iranian Agronomic Research 11(4): 658-665. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mhallati, M., and Lagziyan, A. 2009. Effects of organic and bifertilizer on seed yield and essence of *Foeniculum vulgare*. Iranean Agronomical Research 7: 625-635 (In Persian with English Summary)

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

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. Microbiology Research 156: 145-149.

Rezaeei, M., and Baradaran, R. 2013. Study the effects of different organic fertilizers on yield and yield components of marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Research on Medicinal and Aromatic Plants of Iran 29(3): 635-650. (In Persian with English Summary)

Rezvani moghadam, P., Bakhshaee, S., Ghafoori, A., and Khoramdel, S. 2009. Effects of biological fertilizer and vermicompost on qualitative traits of *Satureja hortensis*. National Conference of Industrial Development Related to Medicinal Plants Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat: var. Pishtaz. Agricultural Ecology 1: 53-63 (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R., and Kafi, M. 2009. Effects of humic acid root and shoot growth of two varieties of wheat, Sayounz and Sabalan. Journal of Water and Soil 23: 87-94 (In Persian with English Summary)

Salehrastin, N. 2001. Biofertilizers and their effects on sustainable agriculture. Research, Education and Extension of Agricultural Organization Press, Iran p. 1-54.

Samavat, S., Pazooki, A., Ladan Moghadam, A., and Samacat, S. 2008. Principles of organic matter application in agriculture. Technical Report. Garmsar Islamic Azad University Press. (In Persian with English Summary)

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2013. Evaluation of symbiosis with mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels 2013, 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India p. 407.

Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., and Vasudevan, P. 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses– A review. Journal of American Science 1: 4-16.

Sreenivas, C., Muralidhar, S., and Rao, M.S. 2000. Vermicompost, a viable component of IPNSS in nitrogen nutrition of ridge gourd. Annual Agriculture Research 21: 108-113.