

تأثیر کودهای آلی و قارچ میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد سرشاخه و موسیلاژ گاوزبان
(*Borago officinalis*)

زهرا شهبازی^۱، امین صالحی^{۲*}، محسن موحدی دهنوی^۲ و هوشنگ فرجی^۲
 ۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، ایران
 (تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۳۰)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست، کمپوست گرانوله و قارچ میکوریزا بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان آلمانی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل کودهای آلی در ۵ سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، ۳ و ۶ تن در هکتار کمپوست گرانوله) و قارچ میکوریزا در دو سطح (بدون کاربرد و کاربرد گونه *Glomus mosseae*) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه گل‌دار و شاخص سطح برگ، مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به همراه میکوریزا بود. همچنین بالاترین تعداد شاخه در بوته، درصد موسیلاژ، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از کودهای آلی و میکوریزا می‌تواند باعث افزایش شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن هزاردانه، بهبود عملکرد سرشاخه گل‌دار، عملکرد زیستی و درصد موسیلاژ در گیاه گاوزبان آلمانی شود؛ در نتیجه می‌توان با استفاده بهینه از نهاده‌های آلی و زیستی نسبت به تولید سالم گیاه گاوزبان اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: کمپوست گرانوله، گاوزبان، میکوریزا، موسیلاژ، ورمی کمپوست.

The effect of organic fertilizer and mycorrhizal fungus on morphological characteristics, shoot biomass and mucilage of borage (*Borago officinalis*)

Zahra Shahbazi¹, Amin Salehi^{2*}, Mohsen Movahedi Dehnavi² and Houshang Farajee²
 1, 2. Former M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran
 (Received: Sep. 26, 2017 - Accepted: Jun. 20, 2018)

ABSTRACT

In order to study the effect of vermicompost, granular compost and mycorrhizal fungus on some quantitative and qualitative characteristics of borage, a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications was conducted. Experimental treatments consisted of five levels of organic fertilization (zero, 5 and 10 tons per hectare vermicompost, 3 and 6 tons per hectare granular compost) and two levels of mycorrhizal fungi (no application and application of *Glomus mosseae* species). Results indicated that the highest yield of flowering shoot and LAI was obtained from the application of 10 tons per hectare vermicompost + mycorrhizal fungus. Also the highest branch number per plant, height, 1000 seed weight and Mucilage, belonged to the treatment of 10 tons per hectare vermicompost. Overall, results of this experiment showed that using of vermicompost and mycorrhiza can increase the LAI, height, 1000 seed weight, yield of flowering shoot, biological yield and mucilage percentage in borage. Therefore, the optimum organic and biologic inputs can be used to produce healthy borage plant.

Keywords: Borage, mycorrhizal, Mucilage, vermicompost.

* Corresponding author E-mail: aminsalehi@yu.ac.ir

مقدمه

گاوزبان آلمانی (*Borago officinalis*) گیاهی دارویی، علفی و کرکدار به ارتفاع ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر متعلق به تیره گاوزبان (Boraginaceae) می‌باشد (Naghdi et al., 2012). پراکندگی جهانی آن، نواحی مدیترانه‌ای و اروپای مرکزی گزارش شده است (Mozafarian, 2012). در سال‌های اخیر استفاده از کودهای زیستی مثل باکتری‌های تثبیت‌کننده زیستی نیتروژن، حل‌کننده‌های فسفر و پتاسیم و استفاده از قارچ مایکوریزا جایگزینی بوم‌سازگار برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک به‌شمار آمده است (Wu et al., 2005). 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، پتاسیم و برخی عناصر ریزمغذی) و افزایش جذب آب سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سامانه‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sainz et al., 1998). بنابر گزارش Kahvand et al. (2015) بر روی گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) انجام شد. نتایج نشان داد که هم‌زیستی ریشه گیاه با مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام گیاهی نسبت به گیاهان شاهد شد. در مطالعه دیگری واکنش‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان دارویی گاوزبان تحت شرایط مصرف کودهای بیولوژیک (نیتروکسین و بیوفسفر) و شیمیایی بررسی گردید. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر مختلف کود بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی در پنج سطح ۱۰۰ درصد شیمیایی، ۷۵ درصد شیمیایی + ۲۵ درصد بیولوژیک، ۵۰ درصد شیمیایی + ۵۰ درصد بیولوژیک، ۲۵ درصد شیمیایی + ۷۵ درصد بیولوژیک و ۱۰۰ درصد بیولوژیک بود که نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر وزن تر گل، تعداد شاخه جانبی معنی‌دار گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن تر گل و تعداد شاخه جانبی به‌ترتیب در تیمار کودی ۱۰۰ درصد شیمیایی و تیمار کودی ۱۰۰ درصد بیولوژیک مشاهده گردید. بالاترین میزان موسیلاژ در

تیمار کودی ۲۵ درصد شیمیایی + ۷۵ درصد بیولوژیک مشاهده شد (Meshkani et al., 2012). تغییرات مورفولوژیک، زراعی و فیتوشیمیایی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی در تحقیق دیگری بررسی شد. تیمارهای این مطالعه شامل کودهای زیستی در سه سطح شاهد، نیتروکسین و بیوفسفر و کود شیمیایی در سه سطح شاهد (عدم مصرف کود)، ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد نیاز کودی بودند. نتایج نشان داد که کودهای زیستی و شیمیایی و همچنین بر همکنش آنها تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل و عملکرد دانه داشتند. کودهای شیمیایی و زیستی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش صفات مورفولوژیک و زراعی شدند. همچنین کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش میزان موسیلاژ گردید (Naghdi et al., 2010).

بنا بر گزارش Naghibi et al. (2015) تلقیح گیاه دارویی کاسنی پاکوتاه (*Cichorium pumilum* Jacq.) با قارچ مایکوریزا باعث افزایش عملکرد خشک زیست‌توده و شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد شد. در مطالعه دیگری مشاهده گردید که تلقیح گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bert.) با قارچ مایکوریزا سبب افزایش معنی‌دار طول ساقه و وزن خشک اندام هوایی می‌گردد (Atrashi et al., 2015). همچنین عنوان گردید که در گیاه دارویی زیره‌سیاه (*Cuminum cyminum* L.) میزان افزایش تعداد شاخه جانبی و وزن هزاردانه در شرایط تلقیح با مایکوریزا به‌ترتیب برابر با ۷۳ و ۴۲ درصد بود (Khoramdel et al., 2013). Zahoor et al. (2004) نیز اظهار کردند که تیمارهای زیستی درصد موسیلاژ اسفرزه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. کود ورمی‌کمپوست کمبود مواد آلی در خاک را به بهترین شکل ممکن جبران کرده و یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای زنده نگه‌داشتن سیستم حیاتی خاک است. این کود دارای عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز می‌باشد (Sarlak, 2013). در یک بررسی بر روی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) Moench نتایج نشان داد که کود ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه، ریشه، گل، عملکرد

صفر، کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کاربرد ۳ و ۶ تن در هکتار کمپوست گرانوله) و قارچ میکوریزا در دو سطح (بدون کاربرد و کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار قارچ میکوریزا گونه (*Glomus mosseae*)) بود. کرت‌های آزمایشی دارای ۵ پشته بود. فاصله پشته‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذر گاوزبان مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. کود ورمی‌کمپوست و کمپوست گرانوله که به ترتیب از کارخانه کود آلی غنی‌شده بهینه و شرکت قارچ جاشیر دنا تهیه شده بود؛ قبل از کاشت با پشته‌ها مخلوط شد. قبل از انجام آزمایش، جهت تعیین میزان حاصلخیزی خاک و نیاز کودی، از ۵ نقطه مزرعه آزمایشی، نمونه خاکی مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر تهیه و برای تجزیه به آزمایشگاه آب و خاک و گیاه ناز دشت گلشن یاسوج منتقل شد. نتایج تجزیه خاک، کود ورمی‌کمپوست و کمپوست گرانوله در جدول ۱ آورده شده است. قارچ میکوریزا (تهیه‌شده از شرکت تولیدی زراعی ارگانیک اسد آباد همدان) نیز به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار در هنگام کاشت در تماس با بذر مورد استفاده قرار گرفت و میزان اسپور قارچ در هر گرم خاک بستر ۱۲۰ عدد بود. کاشت به‌صورت دستی و در اول اردیبهشت ماه صورت گرفت. بذرها در عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متری از سطح خاک قرار گرفتند و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. از زمان سبزشدن تا مرحله ۴ الی ۵ برگچه‌ای، آبیاری در فواصل هر دو روز یکبار و پس از آن هفته‌ای یکبار انجام شد. با سرعت‌گرفتن رشد علف‌های هرز، جهت جلوگیری از طغیان، اقدام به کنترل آنها به‌روش وجین دستی شد. برای نمونه‌برداری، ۸ بوته (معادل یک متر مربع) از هر کرت انتخاب و علامت‌گذاری شد.

زیستی، تعداد گل در بوته و سبزیگی برگ داشت (Razavinia et al., 2015). در تحقیقی دیگر که بر روی تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر خصوصیات کیفی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.) صورت گرفت، نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر میزان موسیلاژ اسفرزه معنی‌دار بود و با افزایش مقدار کودهای آلی، محتوی موسیلاژ افزایش یافت (Asadi et al., 2012). تهیه کمپوست به فرآیند تجزیه کنترل‌شده مواد آلی توسط ریزموجودات در حضور اکسیژن گفته می‌شود. این مواد آلی می‌تواند کود دامی، بقایای محصولات زراعی یا هر ماده آلی دیگری باشد (Koochaki et al., 2007). در پژوهشی اثر کودهای آلی بر چند گیاه دارویی انجام گردید و مشخص شد که اضافه‌کردن کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه در سرخارگل و افزایش وزن تر و خشک گیاه در بادرنجبویه گردید (Delate, 2000). در تحقیق El-Gendy (2001) بر روی گیاه ریحان مشخص شد که کاربرد کمپوست در کشت ارگانیک باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه گردید. با توجه به اهمیت روزافزون کشت بوم‌شناختی گیاهان دارویی و ارزش گیاه گاوزبان در کشور ما، این تحقیق به‌منظور بررسی اثر هم‌زمان کودهای آلی و زیستی بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه گاوزبان به‌منظور کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و انتخاب جایگزین مناسب برای آن انجام می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کود آلی در ۵ سطح

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست، کمپوست گرانوله و خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of vermicompost, granular compost and experimental field soil

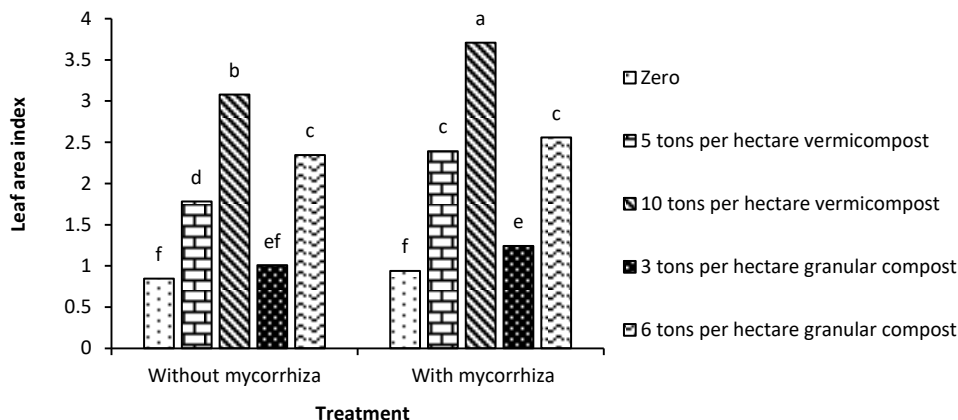
	Texture	pH	EC (ds/m)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
Vermicompost	-	7.37	1.4	1.2	22400	8800
Granular compost	-	6.5	2.1	2	15000	11000
Farm soil	Silty clay	7.8	0.5	0.05	6	150

بود. بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد میکوریزا به همراه ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین آن در تیمار عدم کاربرد میکوریزا و سطح بدون استفاده از کود آلی به دست آمد (شکل ۱). از آنجاکه شاخص سطح برگ بیانگر میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط پوشش گیاهی بوده و سطح زیر منحنی LAI بیانگر دوام، ماندگاری سطح برگ و نهایتاً نشان دهنده مدت زمان فتوسنتز برای گیاه می باشد (Sarmadnia & Koochaki, 1990)؛ بنابراین چنین به نظر می رسد که افزایش سطح برگ گاوزبان در تیمارهای تلفیقی کود آلی و زیستی در مقایسه با شاهد به دلیل افزایش و فراهمی و جذب بهتر عناصر غذایی باشد. در یک بررسی که توسط Arancon *et al.* (2004) بر روی گیاه توت فرنگی (*Fragaria ananasa*) و با استفاده از مقادیر ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار در دو مکان مختلف و تحت شرایط مزرعه ای صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد مقادیر مختلف ورمی کمپوست، به طور معنی داری سطح برگ را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش دادند. آنها این برتری را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد، نظیر هورمون های گیاهی توسط آنها که ناشی از فعالیت کرم های خاکی در ورمی کمپوست بود، نسبت دادند. Krishna Moorthy & Malling (2012) بیان کردند که بیشترین تعداد برگ در تیمارهای کود زیستی نسبت به شاهد در گیاه آلوئه ورا به دست آمد.

سرشاخه های گل دار در سه چین و به فاصله یک هفته الی ۱۰ روز، از همان بوته ها برداشت شدند. برداشت زمانی که به اندازه کافی گل در مزرعه وجود داشت (حدود ۵۰ درصد گل ها شکفته بودند) صورت گرفت. سرشاخه های سه چین برای خشک کردن در سایه به آزمایشگاه برده شده و پس از خشک شدن و توزین، مجموع آنها (عملکرد سرشاخه گل دار خشک) محاسبه شد. همچنین میزان موسیلاژ سرشاخه گل دار در هر سه چین اندازه گیری شد (Samsam shriat, 2007). پس از برداشت آخرین چین، بوته ها کف بر شده، برگ ها برای اندازه گیری شاخص سطح برگ با دستگاه سطح برگ سنج مدل WINAREA-UT-11 استفاده شدند و سپس با بقیه اندام هوایی در سایه خشک شدند. عملکرد زیستی (عملکرد سرشاخه گل دار + وزن خشک بقیه اندام های هوایی) نیز محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ و مقایسه میانگین برهمکنش ها در صورت معنی دار بودن با رویه L.S.means انجام گردید. رسم نمودارها نیز با کمک نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس کودهای آلی و میکوریزا بر شاخص سطح برگ گیاه گاوزبان نشان داد که اثر برهمکنش کود آلی و میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد و اثر اصلی آنها در سطح یک درصد معنی دار



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل کود آلی و میکوریزا بر شاخص سطح برگ گاوزبان
Figure 1. Mean comparison of interaction effects of the organic fertilizer and mycorrhiza on LAI of borage

تیمار شاهد کاهش یافته است که خود نشان‌دهنده این حقیقت است که استفاده از کودهای آلی با تأمین عناصر غذایی مورد نیاز، باعث افزایش تعداد شاخه در بوته گیاه گاوزبان شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر اصلی کود آلی و میکوریزا بر وزن هزاردانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است. کاربرد میکوریزا سبب افزایش ۲/۰۶ درصدی وزن هزاردانه شد. همچنین کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، دارای بیشترین وزن هزاردانه بود (جدول ۲). ورمی‌کمپوست می‌تواند از طریق افزایش سطح برگ (شکل ۱)، بهبود میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده گیاهی، وزن هزاردانه را افزایش دهد. همچنین به‌نظر می‌رسد تلقیح میکوریزایی موجب گردیده که در مرحله پرشدن دانه‌ها، شیره پرورده کافی به دانه‌ها منتقل شده و سبب بهبود وزن هزاردانه گردد. همسو با یافته‌های این پژوهش، Kapoor *et al.* (2004) در بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر رشد و نمو گیاه دارویی رازیانه، نشان دادند که همزیستی ریشه رازیانه با قارچ *Glomus macrocarpum*، به‌طور معنی‌داری تعداد چتر و وزن دانه را بهبود بخشید. تجزیه واریانس اثر اصلی و برهمکنش کود آلی و میکوریزا بر عملکرد سرشاخه گل‌دار خشک و عملکرد زیستی گیاه گاوزبان معنی‌دار بود. برهمکنش کودهای آلی و میکوریزا نشان داد که بیشترین سرشاخه گل‌دار خشک در تیمار میکوریزایی به‌همراه کودهای آلی در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد که با تیمار ۶ تن در هکتار کمپوست گرانوله به همراه میکوریزا و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بدون استفاده از میکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی و میکوریزا در سطح ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف کود آلی اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری که تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست دارای بیشترین مقدار و سطح صفر، کم‌ترین مقدار ارتفاع بود (جدول ۲). Muscolo *et al.* (1999) بیان داشتند که تحریک موادی شبیه به اکسین در زمان مصرف ورمی‌کمپوست، علت افزایش ارتفاع گیاه می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این موضوع موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد، نظیر ارتفاع گیاه گردیده است. نتایج تحقیقات Ratti *et al.* (2001) بر روی گیاه دارویی علف‌لیمو (*Cymbopogon citratus*) نیز مؤید این مطلب است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کود آلی بر تعداد شاخه در بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و بیشترین تعداد شاخه در گیاه در تیمار کود آلی ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد. Tahami Zarandi (2009) در بررسی که با استفاده از کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر روی گیاه دارویی ریحان انجام دادند، مشاهده نمودند که کود آلی سبب تولید بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته شد و بیان کردند که در شرایط یکسان محیطی، فراهم‌آوردن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و در نتیجه افزایش تعداد شاخه فرعی گیاه شود. با توجه به ثابت‌بودن دیگر شرایط احتمالاً به‌دلیل کمبود مواد غذایی تعداد شاخه در

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر کود آلی و قارچ میکوریزا بر اجزای عملکرد گاوزبان

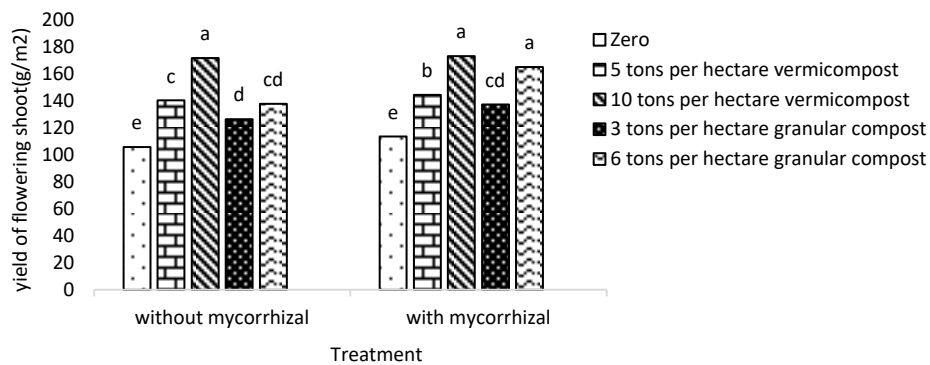
Table 2. Mean comparison of main effect of the organic fertilizer and mycorrhiza on yield component of borage

Treatment	Height of plant (cm)	Branches number per plant	1000 seed weight (g)
Mycorrhizal levels			
Without mycorrhiza	59.04 ^b	-	19.78 ^b
With mycorrhiza	62.55 ^a	-	20.29 ^a
Organic fertilizer levels			
Zero	44.33 ^e	5.33 ^d	17.15 ^c
5 tons per hectare vermicompost	61.16 ^c	8.80 ^b	20.32 ^c
10 tons per hectare vermicompost	81.29 ^a	10.13 ^a	22.82 ^a
3 tons per hectare granular compost	49.80 ^d	7.30 ^c	19.05 ^d
6 tons per hectare granular compost	67.40 ^b	9.11 ^b	21.06 ^b

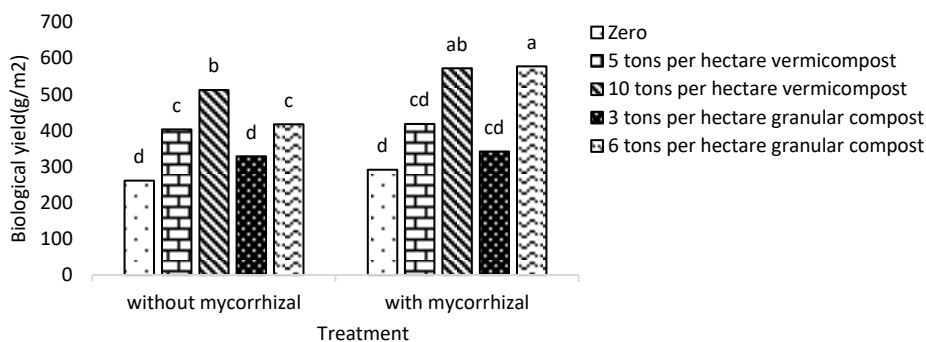
ساختمانی خاک، حفظ و نگهداری رطوبت و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، بهبود فعالیت میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و نیز آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاه گاوزبان ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه باعث افزایش سطح برگ (شکل ۱)، افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی (جدول ۲)، عملکرد سرشاخه گل‌دار (شکل ۲) و در نهایت افزایش عملکرد زیستی گردید. در گزارش Gupta *et al.* (2002) تلقیح گیاه نعنای با قارچ میکوریزا به‌طور قابل توجهی عملکرد زیستی را افزایش داد. میکوریزا مواد مغذی ماکرو از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم و مواد مغذی میکرو مانند آهن، مس، روی و منگنز را برای گیاه تأمین می‌کند و موجب افزایش عملکرد اقتصادی و زیست توده گیاه می‌شود (Asery *et al.*, 2008).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثرات اصلی کود آلی، میکوریزا و چین در سطح آماری یک درصد بر مقدار موسیلاژ تولیدی گیاه گاوزبان تأثیر معنی‌داری داشته‌اند.

چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی و کودهای زیستی از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و ترشح انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسیدهای آلی) و نیز افزایش فراهمی عناصر غذایی (Karteikyan, 2008) سبب افزایش میزان سطح برگ (شکل ۱)، افزایش میزان فتوسنتز، افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی (جدول ۲) و در نهایت بهبود عملکرد سرشاخه گل‌دار خشک گاو زبان گردید. غنی‌بودن کودهای آلی از عناصر غذایی و آزادسازی آهسته و مداوم آنها باعث بهبود خصوصیات شیمیایی و ساختاری خاک شده و با بهبود شرایط جهت توسعه سیستم ریشه‌ای گسترده در خاک، در نهایت باعث افزایش رشد گیاه خواهد شد (Khalid *et al.*, 2006). مقایسه میانگین برهمکنش‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد زیستی، در تیمار استفاده از میکوریزا به‌همراه کود آلی گرانوله به‌مقدار ۶ تن در هکتار مشاهده شد (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی با بهبود شرایط فیزیکی و



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل کود آلی و میکوریزا بر عملکرد سرشاخه گل‌دار گاوزبان
 Figure 2. Mean comparison of interaction effects of the organic fertilizer and mycorrhiza on yield of flowering shoot of borage



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل کود آلی و میکوریزا بر عملکرد زیستی گاوزبان
 Figure 3. Mean comparison of interaction effects of organic fertilizer and mycorrhiza on biological yield of borage

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر کود آلی، مایکوریزا و چین بر میزان موسیلاژ گیاه گاوزبان

Sources of variation	df	Means of squares	
		Mucilage	
Block	2	1.682	
Mycorrhizal	1	0.798**	
Organic fertilizer	4	12.237**	
Organic fertilizer × mycorrhizal	4	0.085 ^{ns}	
Error1	18	0.118	
Harvest	2	0.788**	
Mycorrhizal × harvest	2	0.129 ^{ns}	
Organic fertilizer × harvest	8	0.084 ^{ns}	
Organic fertilizer × mycorrhizal × harvest	8	0.067 ^{ns}	
Error2	40	0.076	
C.V. (%)	-	8.72	

ns, *, **: بدون تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

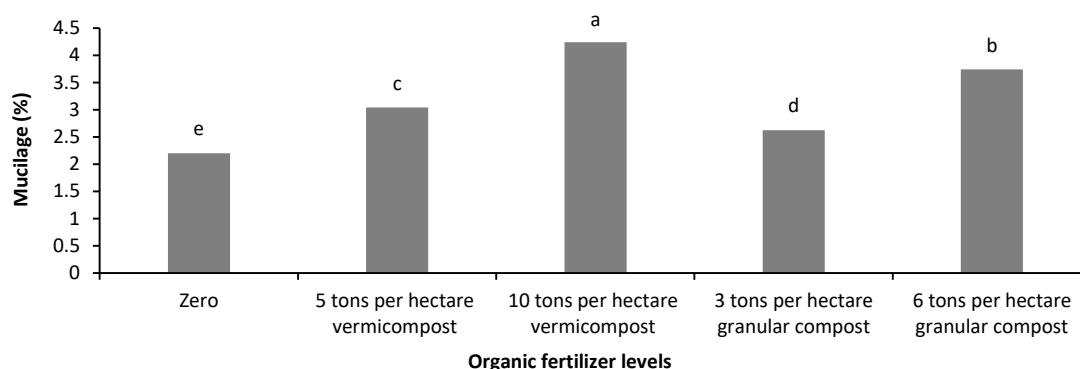
ns, *, **: Non-significant and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

(شکل ۵). این نتیجه حاکی از آن است که وجود مایکوریزا با افزایش قابلیت دسترسی آب و مواد غذایی برای گیاه احتمالاً نقش افزایشی در فتوسنتز گیاه داشته و در نتیجه با جلوگیری از افت عملکرد و زیست توده موجب برتری معنی دار در تولید موسیلاژ شده است.

مقایسه میانگین اثر اصلی چین بر موسیلاژ نیز نشان داد که با افزایش دفعات چین، مقدار موسیلاژ کاهش می یابد (شکل ۶). روند تغییرات درصد موسیلاژ گل آذین در طول فصل رشد معمولاً نزولی بوده که احتمالاً گیاه از موسیلاژ به عنوان منبع انرژی استفاده می نماید. چون موسیلاژها از جنس هیدرات کربن می باشند، پس از تجزیه شدن آنها انرژی تولید می گردد. هنگامی که گیاه به انرژی بیشتری جهت فعالیت های متابولیکی خود نیاز دارد، موسیلاژ بیشتری تولید می کند و هرچه به انتهای رشد گیاه نزدیک می شویم، درصد موسیلاژ کاهش می یابد.

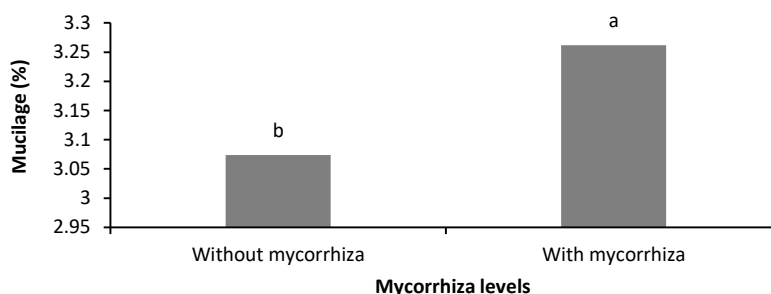
مقایسه میانگین اثر کود آلی بر موسیلاژ بیانگر این بود که با افزایش سطوح کود آلی درصد موسیلاژ افزایش یافت (شکل ۴)، که این می تواند بدلیل تأثیر کودهای آلی بر روی جذب عناصر غذایی و همچنین نقش این عناصر در افزایش فتوسنتز، سنتز و تجمع بیشتر هیدرات کربن کل و در نتیجه افزایش میزان موسیلاژ باشد. اثرات مفید کود آلی (دامی) در افزایش عرضه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن سبب افزایش عملکرد گیاه و در نهایت عملکرد موسیلاژ گردیده است (Yadav et al., 2002). در همین رابطه در مطالعه دیگری گزارش گردید که تیمارهای کود آلی و تلفیق کودهای آلی و شیمیایی در مقایسه با تیمار کود شیمیایی درصد موسیلاژ را در گیاه اسفرزه به طور معنی داری افزایش دادند (Pouryousef et al., 2014).

همچنین مقایسه میانگین اثر کاربرد قارچ مایکوریزا نشان دهنده افزایش درصد موسیلاژ بود



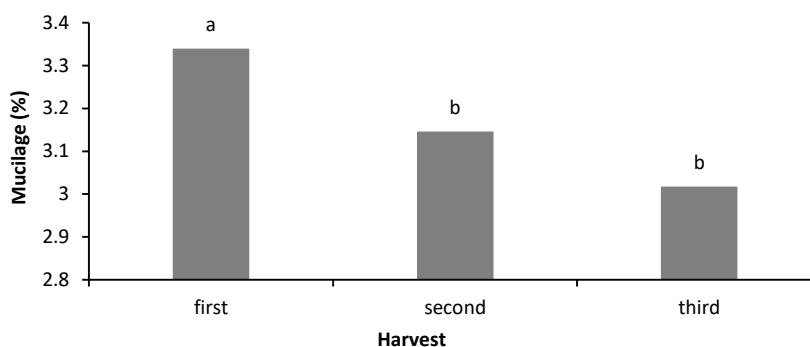
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح کود آلی بر درصد موسیلاژ

Figure 4. Mean comparison of the main effect of organic fertilizer on mucilage percentage



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح میکوریزا بر درصد موسیلاژ

Figure 5. Mean comparison of the main effect of mycorrhiza on mucilage percentage



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر اصلی چین بر درصد موسیلاژ

Figure 6. Mean comparison of the main effect of harvest on mucilage percentage

میکوریزا نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برتری داشت. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که استفاده از کودهای آلی و میکوریزا به جای کودهای شیمیایی می‌تواند با بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان، گامی سودمند در جهت دستیابی به تولید سالم و پایدار این گیاه دارویی ارزشمند باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که کاربرد کودهای آلی و زیستی به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای مناسب برای گیاه دارویی گاوزبان در افزایش عملکرد این گیاه مؤثر بود؛ به‌طوری‌که در اکثر صفات‌های مورد مطالعه، کودهای آلی به‌صورت جداگانه یا تلفیقی با

REFERENCES

1. Anwar, M., Patra, D., Chand, S., Alpeh, K., Naqvi, A. A. & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizers on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14), 1737-1746.
2. Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. & Metzger, J. D. (2004). Influence of vermicompost on field strawberries: Part 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93, 145-153.
3. Asadi, Gh., Momek, A., Noorzade Nameghi, M. & Khoramdel, S. (2012). The effect of different fertilizer treatment on qualitative characteristics of psyllium herb (*Plantago ovata* Forsk.). In: *National congress of soil, Sustainable agriculture*, 17 March, Malayer University, Iran, pp. 120-125.
4. Asery, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V. & Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, and metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian. *Tha desert, Scientia Horticulturae*, 117(2), 130-135.
5. Atrashi, m., Vafadar Esfahan, f. & Amooaghaie, R. (2015). The effect of mycorrhiza fungus and promoting growth ryzobacteria on growth rate, flowering time and the accumulation pattern of stevioside in Stevia plant (*Stevia rebaudiana* Bert.). *Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(2), 220-234. (in Farsi)
6. Delate, K. (2000). *Heenahmahyah student from herb trial (Annual Reports)*. Leopold center for sustainable agriculture, Iowa State University, Ames, IA.

7. El Gendy, S. A., Hosni, A. M., Omer, E. A. & Reham, M. S. (2001). Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. *Arab Universities Journal of Agricultural Science*, 9, 915-933.
8. Emami, A. (1996). Plant decomposition Methods. *Technical Journal of Water and Soil Research Institute*, 1, 28-58. (in Farsi)
9. Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. & 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, 77-79.
10. Kahvand, N., Azizi, M. & Safari Senjani, A. A. (2015). The consequences of mycorrhiza fungus inoculation on some of the growth and yield properties of *Borago officinalis*. *Third National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture*. 11 June, Faculty of Shahid Mofateh, Hamedan, Iran.
11. Kapoor, R., Giri, A. & Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality of *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93, 307-311.
12. Kartikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G. M. A. & Deiveekasundaram, M. (2008). Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids and Surfaces. B: Bionterfaces*, 62(1), 143-145
13. Khalid, A. Kh., Hendawy, S. F. & El-Gezawy, E. (2006). *Ocimum basilicum* L. Production under Organic Farming. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(1), 25-32.
14. Khoramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahalati, M. & Ghorbani, R. (2008). Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Iranian Field Crop Research*, 6, 285-294.
15. Khorramdel, S., Khoshnoodyazdi, A., Khoramdel, S. & Gholizadgan Ehsanabad, A. (2013). Evaluations the effects of mycorrhizal symbiosis on the quantitative and qualitative yield of medicinal plant Cumin (*Cuminum cyminum* L.). In: *the first regional congress on medicinal plants north of Iran*. 8 May, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Golestan, Gorgan, Iran.
16. Koochaki, A. & Sarmadnia, Gh. H. (2006). *Crop plants Physiology*. Mashhad University jihad publications. 400 p. (in Farsi)
17. Koochaki, A., Gholami, A., Mahdavi Damghani, A. A. & Tabriz, L. (translated Jy.valas). (2007). *Biological agriculture principle (organic)*. Mashhad Ferdowsi University publications, 2nd edition, 386 p. (in Farsi)
18. Krishna Moorthy, S. & Malliga, P. (2012). Plant characteristics, growth and leaf gel yield of *Aloe barbadensis* miller as affected by cyanopith biofertilizer in pot culture. *International Journal of Civil and Structural Engineering*, 3(2), 884-892.
19. Meshkani, M., Armin, M. & Jamimoini, M. (2013). Investigation of qualitative and quantitative response of *Borago (Borago officinalis* L.) to biological and chemical fertilizers. *Eco-phytochemical Journal of Medical Plants*, 1(3), 57-67.
20. Mozafarian, V. (2012). *Identification of medicinal and aromatic plants (compiled, translation and gathered)* (1st ed.). Farhang moaser publications, 1444 p. (in Farsi)
21. Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. & Nardi, F. (1999). Earthworm humic matter produces auxin- like effects on *daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1303-1311.
22. Naghdi badi, H., Sorushzadeh, A., Rezazade, Sh., Sharifi, M., Ghalavand, A. & Rezae, A. (2008). Phytochemical investigation and potential of production of borage (*Borago officinalis* L.) during the growing period. *Journal of Medicinal Plants*, 7(4), 35-47. (in Farsi)
23. Naghdi badi, H., Zainali Mobarakeh, Z., Omidi, H. & Rezazade, Sh. (2010). Morphological, agronomic and phytochemical changes of borage officinalis L. (*Borago officinalis* L.) affected biological and chemical fertilizers. *Journal of Medicinal Plants*, 11(2), 145-156. (in Farsi)
24. Naghibi, R., Rezvanimoghadam, P. & Ghorbani, R. (2015). Effect of organic fertilizers and mycorrhizal inoculation (*Glomus mosseae* and *G. intraradices*) on the quantitative and qualitative yield in different cuttings of dwarf chicory (*Cichorium pumilum* Jacq.). *Journal of Horticulture (Agricultural Sciences and Technology)*, 29(2), 302-313. (in Farsi)
25. Pouryousef, M., Mazaheri, D., Yousefi, A.R., Rahimi, A. & Tavakoli, A. (2014). Evaluation of grain qualitative traits of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) under limited irrigation regimes and different fertilizing treatments. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30 (3), 414-424.
26. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N. & Gautam, S. P. (2001). Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *cymbopogon martini* var. *motia* by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. *Microbiological Research*, 156, 145-149.

27. Rzavinia, M., AghaAlikhani, M. & Naghdi Badi, H. (2015). Effect of vermicompost fertilizer and chemical fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). *Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31 (2), 357-373.
28. Sainz, M. J., Taboada-Castro, M. T. & Vilarino, A. (1998). Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant and Soil*, 205(1), 85-92.
29. Samsam shariat, H. (2007). *Extraction and production of active substances of medicinal plants and their identification and evaluation methods*. Mani Isfahan publication, 258 p. (in Farsi)
30. Sarlak, B. (2013). *Vermicompost production technology* (1st ed.). Noor Kamare publications, 156 p. (in Farsi)
31. Sarmadnia, Gh. H. & Koochaki, A. (1990). *Crop Physiology*. Mashhad Jahad Daneshgahi publication (translate), 400 p. (in Farsi)
32. Shirani rad, A. H. (2009). *Crop Physiology*. (3rd ed.). Dibagaran Tehran publication. 360 p. (in Farsi)
33. Tahami Zarandi, S. M. K., Rezvani Moghadam, p. & Jahan, M. (2010). Comparison organic and chemical fertilizers impact on the yield and percentage of essential oil of herb basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agroecology*, 2(1), 70- 82.
34. Wu, S. C., Caob, Z. H., Lib, Z. G., Cheunga, K. C. & Wong, M. H. (2005). Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma*, 125, 155-166.
35. Yadav, R. D., Keshwa, G. L. & Yadva, S. S. (2002). Effect of integrated use of FYM, urea and sulphur on growth and yield of Isabgol (*Plantago ovata*). *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 25, 668-671.
36. Zahoor, A., Ghafor, A. & Muhammad, A. (2004). *Plantago ovata* a crop of arid and dry climates with immense herbal and pharmaceutical importance. *Agriculture and Livestock*, 5, 1101-15.