نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص. ۴۰۳-۳۸۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.3, Fall 2019, P. 387-403
ISSN: 2008 - 4730

ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) تحت تأثیر تراکم گیاهی و کاربرد کود شیمیایی اوره و کودهای آلی مختلف

محمد بهزاد امیری[1*]- پرویز رضوانی مقدم[2]- محسن جهان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) در تراکم‌های مختلف گیاهی، آزمایشی در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۰ در دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۳ تراکم گیاهی (۳، ۵ و ۱۰ بوته در متر مربع) و ۵ نوع کود مختلف (کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست، گاوی، شیمیایی (اوره) و شاهد) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که با کاهش تراکم گیاهی، تأثیر کودهای آلی در افزایش عملکرد گل تشدید شد و در کمترین تراکم گیاهی، کودهای کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست و گاوی، عملکرد گل را به‌ترتیب ۱۱۲، ۷۹ و ۲۲۳ درصد نسبت به شاهد بطور معنی‌داری افزایش دادند. در تمامی تراکم‌های مورد مطالعه، طول ساقه فرعی در شرایط استفاده از کودهای آلی نسبت به شاهد بطور معنی‌داری بیشتر بود. کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی (اوره) در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع به‌ترتیب افزایش ۱۰۶، ۵۴، ۶۶ و ۱۷۳ درصدی میزان فنول کل را در مقایسه با شاهد سبب شدند. در تراکم متوسط گیاهی (۵ بوته در متر مربع) استفاده از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب منجر به افزایش ۸۳، ۷۴ و ۵۷ درصدی میزان آنتوسیانین کل نسبت به شاهد شدند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کودهای آلی مختلف و کود شیمیایی اوره در تراکم‌های مطلوب گیاهی می‌تواند منجر به بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گاوزبان ایرانی شود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین کل، فنول کل، کمپوست، گیاه دارویی، نهاده بوم‌سازگار

مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از گیاهان دارویی و معطر افزایش قابل توجهی یافته و تقاضا برای این گونه‌ها در صنایع مختلف از قبیل داروسازی، آرایشی و بهداشتی و صنایع غذایی همچنان رو به افزایش است. گاوزبان ایرانی با نام علمی (*Echium amoenum*) گیاهی چند ساله و متعلق به خانواده‌ی گاوزبان[4] می‌باشد و در طب سنتی ایران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (مهربانی). عصاره‌ی گلبرگ‌های این گیاه تسکین‌دهنده، ضدالتهاب و ضد درد هستند و خاصیت ضدمیکروبی دارند (۵۳) و منجر به افزایش ظرفیت ایمنی سلول‌ها می‌شوند (۳۰). این گیاه در مناطق شمالی کشور در دامنه‌های رشته کوه‌های البرز از گلستان تا اردبیل و استان قزوین و در دامنه‌های رشته کوه‌های البرز به‌صورت خودرو پراکنش دارد (۶۶).

جهت استفاده مطلوب‌تر از عوامل محیطی نظیر نور، آب، مواد غذایی و نیز جلوگیری از بروز رقابت شدید، تعداد بوته در واحد سطح باید در حد بهینه باشد (۵۸). تراکم بوته مطلوب تراکمی است که در نتیجه‌ی آن کلیه‌ی عوامل محیطی به‌طور مؤثر مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در عین حال رقابت‌های درون‌بوته‌ای و بین‌بوته‌ای در حداقل باشند تا حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب بدست آید (۱۶). تراکم بوته به‌عنوان یک عامل زراعی تحت‌کنترل، نقش مؤثری در عملکرد محصولات مختلف ایفا می‌کند و مشخص نمودن تراکم گیاهی از اصول اولیه‌ی زراعت هر محصول به شمار می‌رود (۳۴). اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد گاوزبان ایرانی نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک گل در واحد سطح در آرایش کاشت

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی گناباد
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: amiri@gonabad.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i3.70323
4- Boraginaceae

مربعی و تراکم ۶ بوته در متر مربع حاصل شد (۱۳). پس از بررسی عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) تحت‌تأثیر تراکم بوته (۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ بوته در متر مربع) و تاریخ‌های مختلف کاشت (۱۵ مهر، ۵ آبان، ۲۵ آبان، ۱۵ آذر و ۵ دی) گزارش شد، بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن در تاریخ کاشت ۵ آبان و تراکم ۱۰ بوته در متر مربع و بیشترین کلروفیل a و کلروفیل کل در تاریخ کاشت ۱۵ مهر و تراکم ۱۴ بوته در متر مربع بدست آمد (۲۹). در پژوهشی اثر تراکم بوته بر عملکرد و میزان اسانس آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) بررسی و گزارش شد که بیشترین عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه به‌ترتیب در تراکم‌های ۵۰ و ۲۵ بوته در متر مربع بدست آمد، ضمن اینکه تراکم ۲۵ بوته در متر مربع دارای بیشترین میزان اسانس نسبت به سایر تیمارها بود (۳۳)، احتمالاً در این تراکم، رقابت درون‌گونه‌ای به حداقل رسیده و گیاه توانسته از امکانات محیطی بهره‌برداری مطلوب‌تری داشته باشد و در نتیجه میزان اسانس افزایش یافته است. در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر تراکم‌های مختلف (۱۲/۵، ۱۶/۶ و ۲۵ بوته در متر مربع) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.) گزارش شد که بیشترین تعداد چتر در بوته و ماده‌ی خشک تولیدی در تراکم ۱۲/۵ بوته در متر مربع مشاهده شد و تراکم ۲۵ بوته در متر مربع دارای بیشترین ارتفاع بوته بود (۲۶).

با توجه به استفاده روزافزون از گیاهان دارویی در سطح جهان، اهمیت کشت و پرورش گیاهان دارویی به‌ویژه در سیستم‌های اکولوژیک، بیشتر آشکار می‌شود. کاربرد وسیع نهاده‌های دخیل در امر تولید جهت دستیابی به عملکرد بالا، از یک طرف، و لزوم عاری بودن گیاهان دارویی از بقایای مواد شیمیایی در طی مراحل تولید، فرآوری و عرضه آنها، از طرف دیگر، ضرورت کاربرد نهاده‌های بوم‌سازگار در تولید این گیاهان را بیش از پیش نمایان می‌سازد (۲۱). لذا، به‌نظر می‌رسد حتی اگر عملکرد این گیاهان در نتیجه‌ی استفاده از نهاده‌های طبیعی، کمتر و یا برابر با عملکرد آنها در نتیجه مصرف کودهای شیمیایی باشد، تولید این گیاهان با استفاده از نهاده‌های طبیعی نظیر کودهای آلی، راه‌حل مناسبی برای تولید و عرضه‌ی داروهای گیاهی سالم باشد. کودهای دامی حاوی مقدار زیادی ماده‌ی آلی هستند و یکی از منابع اولیه نیتروژن به‌شمار می‌روند و در بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نقش کلیدی دارند (۴۶). بر اساس گزارش برخی محققین، مصرف کود گاوی کاملاً پوسیده، تعداد بذر در بوته زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) را از ۲۹۶ به ۳۶۴ بذر افزایش داد (۳). در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه‌ی آلمانی (*Matricaria recutita*) گزارش شد که گیاهان تیمار شده با کود گاوی دارای بیشترین عملکرد گل خشک بود و بیشترین عملکرد اسانس و مقدار کامازولین به‌ترتیب در گیاهان تحت تیمارهای کود گاوی و کمپوست بدست آمد (۲۳). کمپوست زباله شهری نوعی کود آلی است که دارای بیشتر عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاه بوده و در ضمن باعث کاهش سطوح آلاینده‌ها، بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ترکیبات هیومیک خاک می‌شود (۲۷ و ۵۷). در پژوهشی، اثر سطوح مختلف کمپوست زباله شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) بررسی و گزارش شد که با افزایش مقادیر مصرفی کمپوست از صفر به ۱۵ تن در هکتار، تعداد و وزن دانه در بوته افزایش یافت، ولی افزایش بیشتر کمپوست مصرفی (از ۱۵ به ۳۰ تن در هکتار) کاهش تعداد و وزن دانه در بوته را به همراه داشت (۵). در آزمایشی دیگر، پس از بررسی اثر کوهای آلی و شیمیایی مختلف روی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) مشاهده شد که کاربرد کمپوست در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به کود شیمیایی دارای برتری بود، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته، وزن دانه در بوته و ماده‌ی خشک تولیدی در تیمار ۸ تن در هکتار کمپوست بدست آمد (۳۷). ورمی‌کمپوست‌ها موادی هستند که در نتیجه‌ی فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی[1] بر روی ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید (۶۵) و غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها بوده و به‌عنوان یک آفت‌کش زیستی و اصلاح‌کننده‌ی آلی خاک استفاده می‌شود (۵۵ و ۵۶). استفاده از ورمی‌کمپوست به نسبت حجمی ۳۰ درصد، منجر به تولید بیشترین میزان آنتوسیانین در گاوزبان ایرانی شد (۲۴). برخی محققین (۱) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست، بر میزان غلظت عناصر کم‌مصرف گاوزبان اروپایی اثر معنی‌داری داشت و با افزایش سطوح کاربرد آن، غلظت عناصرغذایی افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین غلظت عناصرغذایی در شرایط کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار ورمی‌کمپوست که در طی سه سال یا بیشتر مصرف شده‌اند، بدست آمد. برخی دیگر از محققین نشان دادند که کاربرد مقادیر متعادلی از ورمی‌کمپوست منجر به تولید بیشترین وزن تر و خشک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شد (۱۵). بیشترین وزن خشک بوته و عملکرد اسانس گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) در شرایط کاربرد ۲۰ تن کود دامی بدست آمد (۴۴). در پژوهشی دیگر، بیشترین ارتفاع بوته (۶۲/۸۳ سانتی‌متر) و عملکرد زیست‌توده (۹۲۸۱/۷۱ کیلوگرم در هکتار) گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در تیمار کاربرد ۹ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد، ولی بیشترین شاخص سطح برگ (۱/۴۲)، عملکرد دانه (۱۳۹۹/۸۴ کیلوگرم در هکتار) و درصد اسانس (۰/۵۶ درصد) در تیمار ۱۲ تن کود دامی در هکتار حاصل شد (۶۰). کاربرد میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین تولید بذر در بوته گاوزبان ایرانی را سبب شد (۴۹). بیشترین تعداد ساقه فرعی، ارتفاع، عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد موسیلاژ و اسانس در گاوزبان اروپایی با مصرف ۵۰

1- *Eisenia fetida*

درصد کود شیمیایی (اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) به‌علاوه کود زیستی (نیتروکسین حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم*) حاصل شد (۳۵). مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن در شرایط تلقیح بذر با نیتروکسین منجر به تولید بیشترین ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، عملکرد خشک سرشاخه گلدار و عملکرد خشک بوته گاوزبان اروپایی شد (۷۱).

با توجه به کاربردهای متعدد گاوزبان ایرانی در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، به‌نظر می‌رسد که با تعیین تراکم مناسب بوته و مدیریت صحیح نهاده‌ها می‌توان به عملکرد مطلوب و عاری از بقایای شیمیایی این گیاه دارویی دست یافت، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر تراکم‌های مختلف گیاهی و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر رشد و عملکرد گاوزبان ایرانی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۳ تراکم کاشت (۳، ۵ و ۱۰ بوته در متر مربع) (به‌ترتیب با فواصل کاشت ۶۰، ۴۰ و ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف) و ۵ نوع کود آلی و شیمیایی (۱- کمپوست، ۲- ورمی کمپوست، ۳- گاوی، ۴- شیمیایی (اوره) و ۵- شاهد) بودند.

قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه گیری انجام و به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil characteristics of experiment place

pH	هدایت الکتریکی Ec ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر Phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($mg.kg^{-1}$)	بافت خاک Soil texture
7.3	1.1	417	13.4	15.7	لومی‌سیلتی Silty loam

برای اعمال کودهای آلی، میزان عناصر غذایی هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی تعیین (نتایج تجزیه‌ی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است) و سپس بر حسب نیاز غذایی گاوزبان ایرانی به‌ترتیب بر مبنای ۱۰ تن در هکتار کود کمپوست، ۷ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، در اسفندماه ۱۳۹۰ در سطح کرت‌های مورد نظر به‌طور یکنواخت پخش و بلافاصله توسط بیل دستی وارد خاک شدند. لازم به ذکر است که در اسفندماه ۱۳۹۱ نیز به‌منظور تقویت رشد مجدد گیاه و ایجاد شرایط مساعد برای رشد گیاه در سال‌های بعد، همین میزان کود به خاک کرت‌های مربوطه اضافه شد. بر اساس منابع موجود (۴۹)، نیاز کودی گاوزبان ایرانی برای نیتروژن از منبع شیمیایی (اوره)، ۹۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد که نیمی از این مقدار در زمان کاشت به منظور کمک به رشد سریع گیاهچه و نیم دیگر آن بعد از انجام عملیات تنک برای رفع تنش‌های احتمالی حاصل از تنک و برای کمک به گیاه در مرحله طویل شدن ساقه، به خاک مزرعه اضافه گردید، ضمن اینکه در دومین سال زراعی (۹۲-۱۳۹۱) نیز همین میزان کود شیمیایی طی دو مرحله آغاز رشد مجدد گیاه در سال دوم به منظور افزایش سرعت رشد گیاهچه (سرعت رشد اولیه گیاهچه‌های گاوزبان کم است) و مرحله‌ی چهار برگی (آغاز مرحله طویل شدن ساقه) در اختیار گیاه قرار گرفت.

جدول ۲- خصوصیات کودهای آلی مورد استفاده

Table 2- Characteristics of used organic fertilizers

نوع کود آلی Type of organic fertilizer	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorous (%)	پتاسیم Potassium (%)
کمپوست Compost	0.92	0.44	0.49
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.28	1.53	0.96
کود گاوی Cow manure	0.31	0.29	1.04

برای آماده‌سازی زمین با تأکید بر عملیات زراعی اکولوژیک، خاکورزی حداقل انجام شد، به‌این‌ترتیب که پس از انجام دیسک سبک، کرت‌های آزمایشی با ابعاد ۲/۵×۴/۸۰ متر ایجاد شدند. به‌دلیل کودی بودن ماهیت تیمارها و جلوگیری از اختلاط تیمارها با هم، برای هر بلوک آزمایشی یک جوی آب و پساب جداگانه در نظر گرفته شد. بذور گاوزبان ایرانی با منشاء توده‌ی مشهد از مزرعه‌ی تحقیقاتی

دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و اواسط فرودین ماه ۱۳۹۱ در ردیف‌هایی به فاصله۵۰ سانتی‌متر و بسته به تیمار مورد بررسی با فاصله‌ی روی ردیف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۷ روز یکبار تا آخر فصل رشد به روش نشتی انجام شد. برای رسیدن به تراکم مناسب، پس از رسیدن گیاه به مرحله‌ی ۴ برگی عملیات تنک انجام گرفت. به‌منظور کنترل علف‌های هرز، تنها سه نوبت وجین دستی در سال اول (به‌ترتیب ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت) و یک نوبت وجین دستی در سال دوم (۳۰ روز پس از رشد مجدد گیاه در سال دوم) انجام شد. برای آماده‌سازی زمین و در طول دوره‌ی رشد، هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

در سال زراعی دوم (۹۲-۱۳۹۱)، از ابتدا تا انتهای فصل گلدهی، گل‌های تمام سطح کرت‌های آزمایشی به‌صورت روزانه برداشت و وزن تر و خشک گل‌ها اندازه‌گیری شد. مجموع وزن خشک گل‌ها در طی دوره‌ی گلدهی به عنوان عملکرد گل در هر کرت در نظر گرفته شد. به‌منظور حفظ کمیت و کیفیت مواد مؤثره‌ی گیاه، نمونه‌های گل در سایه و در درجه حرارت محیط خشک شدند و سپس جهت تعیین ترکیبات ثانویه و مواد مؤثره‌ی گل‌ها، از هر یک از تیمارهای آزمایشی مقدار ۵۰ گرم گل خشک شده به آزمایشگاه منتقل و توسط دستگاه سوکسله عصاره‌گیری و در نهایت میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، درصد فنول کل، درصد فلاونوئید کل و میزان آنتوسیانین کل آن تعیین شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش به دام‌اندازی رادیکال دی‌فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) (Diphenyl Picrylhydrazyl) تعیین شد (۷۲). به‌منظور تعیین محتوای ترکیبات فنولی از روش فولین سیوکیوکالتیو (Folin-Ciocalteu) استفاده شد (۵۴). محتوای فلاونوئید کل با استفاده از روش رنگ‌سنجی تعیین گردید (۱۷). روش اختلاف pH (pH Different Method) برای تعیین میزان آنتوسیانین کل مورد استفاده قرار گرفت (۴۷). لازم به ذکر است ۳ بوته از هر کرت نیز به‌طور تصادفی انتخاب و در طول مرحله‌ی گلدهی تعداد گل‌های آنها شمارش شدند.در اواخر فصل رشد، با آغاز مرحله‌ی رسیدگی دانه‌ها و خشک شدن اندام هوایی گیاه، تعداد ۳ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر تعداد ساقه فرعی، طول ساقه فرعی، ارتفاع و قطر تاج‌پوشش آنها اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین عملکرد دانه، بوته‌های تمام سطح کرت‌های آزمایشی برداشت و وزن دانه آنها تعیین گردید.

به‌منظور تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل آماری داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، از نرم‌افزارهای SAS Ver.9.1 و MS Excel Ver.11 استفاده شد. مقایسه‌ی کلیه‌ی میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

عملکرد گل خشک

اثر متقابل تراکم گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر عملکرد گل خشک معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که با کاهش تراکم گیاهی، تأثیر کودهای آلی در افزایش عملکرد گل خشک تشدید شد، به‌این‌ترتیب که در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع، کودهای آلی اثر چندانی در افزایش عملکرد گل خشک نسبت به شاهد نداشتند، در حالی‌که در تراکم ۵ بوته در متر مربع کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی عملکرد گل خشک را به‌ترتیب ۷۱، ۳۱۰ و ۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند و در تراکم ۳ بوته در متر مربع نیز افزودن کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به خاک به‌ترتیب افزایش ۱۱۲، ۷۹ و ۲۲۳ درصدی عملکرد گل خشک را در مقایسه با شاهد به همراه داشت (جدول ۴).

به‌نظر می‌رسد که در تراکم‌های بالای گیاهی، عوامل محیطی و تابش خورشیدی به‌اندازه‌ی کافی در اختیار گیاه قرار نگرفته (۵۰) که این موضوع منجر به کاهش عملکرد گل خشک شد. اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد گاوزبان ایرانی نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد گل در واحد سطح در آرایش کاشت مربعی و تراکم ۶ بوته در متر مربع حاصل شد (۱۳). پس از بررسی عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گاوزبان اروپایی تحت‌تأثیر تراکم بوته (۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ بوته در متر مربع) گزارش شد، بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بدست آمد (۲۹). تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بابونه آلمانی، منجر به تولید بیشترین عملکرد گل خشک شد (۲۵). در یک پژوهش اثر تراکم‌های مختلف گیاهی (۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ بوته در متر مربع) بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه آنیسون بررسی و گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در تراکم گیاهی ۲۵ بوته در متر مربع حاصل گردید (۴۸). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر فاصله ی بین (۶۰، ۷۰ و ۸۰ سانتی‌متر) و روی (۲۵، ۳۵ و ۴۵ سانتی‌متر) ردیف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی مرزه (*Satureja khuzistanica* Jamzad) گزارش شد که بیشترین عملکرد گل و قطر تاج‌پوشش در فاصله‌ی روی ردیف ۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد و تراکم ۶/۶۷ بوته در متر مربع بیشترین عملکرد ماده‌ی خشک تولیدی را به خود اختصاص داد (۳۲). در یک پژوهش اثر سه تراکم ۲۰×۴۰، ۳۰×۴۰ و ۳۰×۵۰ سانتی‌متر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) بررسی و گزارش شد که بیشترین مقدار عملکرد در تراکم ۲۰×۴۰ بدست آمد (۶۳). همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر کودهای آلی مورد مطالعه در تراکم‌های گیاهی مختلف متفاوت بود، به طوری‌که در تراکم‌های ۱۰ و ۵ بوته در متر مربع کود ورمی‌کمپوست و در تراکم ۳ بوته در متر مربع کود گاوی عملکرد گل خشک بیشتری را نسبت به سایر تیمارها سبب شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد گاوزبان ایرانی تحت‌تأثیر تراکم‌های مختلف و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی (اوره)

Table 3- ANOVA (means of square) of some morphological characteristics and yield of *Echium amoenum* affected by different densities and application of organic and chemical (urea) fertilizers

منبع تغییرات Source of variations	ارتفاع بوته Plant height	طول ساقه فرعی Lateral branch lenght	تعداد ساقه فرعی در بوته Number of lateral branch per plant	وزن خشک گل در بوته Flower dry weight per plant	وزن تر گل در بوته Flower fresh weight per plant	تعداد گل در بوته Flower number per plant	عملکرد گل Flower yield
تراکم گیاهی Plant density	0.82ns	127.25*	196.46*	6251.45**	48149**	2810317**	18705961**
کود Fertilizr	540.38**	498.35**	831.02**	3143.43**	34964**	1722380**	9756188**
تراکم بوته×کود Plant density×Fertilizer	122.40ns	69.93*	518.18**	4348.00**	28566**	923445**	8632382**
خطای آزمایشی Error	74.91	40.99	45.82	616.57	1631.63	191739	345787
ضریب تغییرات Cv (%)	9.48	7.60	16.59	42.17	13.41	17.58	17.32

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

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

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تراکم‌های مختلف و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد گاوزبان ایرانی

Table 4- Mean comparison of interaction effects of different densities and application of organic and chemical (urea) fertilizers on some morphological characteristics and yield of *Echium amoenum*

تراکم Density (plant per m^2)	تیمار تغذیه‌ای Nutritional treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول ساقه فرعی Lateral branch length (cm)	تعداد ساقه فرعی در بوته Number of lateral branch per plant	وزن تر گل در بوته Flower fresh weight per plant (g)	تعداد گل در بوته Flower number per plant	عملکرد گل Flower yield ($kg.ha^{-1}$)
10	Compost کمپوست	99.00ab	92.55a	18.00g	267.53de	2268.1ed	3914.4bc
	Vermicompost ورمی‌کمپوست	86.33a-c	76.41bc	46.33b-d	231.07ef	2594.9b-d	4340.7b
	Cow manure گاوی	90.00a-c	83.33ab	32.33ef	161.29f	3348.3b	2996.6cd
	Chemical fertilizer شیمیایی	101.66a	83.77ab	36.00e-g	276.93de	2489.8cd	4392.1b
	Control شاهد	78.00c	70.67c	50.66a-c	315.42cd	2528.9b-d	4219.3b
۵	Compost کمپوست	101.33a	95.68a	46.66b-d	467.86a	2178.3de	3654.0bc
	Vermicompost ورمی‌کمپوست	96.00ab	91.00a	46.66b-d	384.43bc	2535.7b-d	8789.2a
	Cow manure گاوی	98.66ab	87.84ab	58.66ab	472.90a	4177.7a	3580.2bc
	Chemical fertilizer شیمیایی	82.33bc	84.84ab	22.00fg	158.10f	2576.3b-d	2142.7de
	Control شاهد	77.66c	76.49bc	37.66de	328.35cd	2650.4b-d	2142.7de
۳	Compost کمپوست	100.00a	92.31a	45.00cd	351.13c	1844.6de	2504.4d
	Vermicompost ورمی‌کمپوست	90.00a-c	89.19a	60.00a	218.76ef	3123.7bc	2117.3de
	Cow manure گاوی	98.66ab	93.30a	59.00ab	443.05ab	1871.6de	3818.6bc
	Chemical fertilizer شیمیایی	86.00a-c	69.92c	27.00e-g	202.07ef	1640.9e	913.8f
	Control شاهد	82.66bc	76.14bc	26.00e-g	239.20e	1524.6e	1183.4ef

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan's multiple range test.

احتمالاً ورمی‌کمپوست به‌دلیل قدرت بالای ذخیره‌ی رطوبت نقش مهمی در فراهمی آب مورد نیاز گیاه ایفا کرده (۶۸) و از این طریق باعث تولید بیشتر عملکرد گل خشک شد. کود گاوی پوسیده در سطوح پایین تراکم گیاهی احتمالاً از طریق افزایش آزادسازی نیتروژن در خاک (۴۶)، عملکرد گل خشک را به میزان قابل‌توجهی افزایش داد. به نظر می‌رسد که کودهای آلی مورد مطالعه از طریق بهبود خصوصیات خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب (۴۶) منجر به بهبود عملکرد گیاه شدند، در حالی که کود شیمیایی اوره حاصلخیزی خاک را به همراه نداشت و نقش چندانی در فراهم کردن آب برای گیاه ایفا نکرد و در نتیجه عملکرد گل در این تیمار با کاهش مواجه شد. برخی مطالعات نشان داده است که مصرف کودهای آلی باعث کاهش اثرات شوری و افزایش جذب فسفر و نیتروژن شده و در نتیجه بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان را به همراه دارد (۶۲). استفاده از ورمی‌کمپوست ۳۰ درصد، منجر به تولید بیشترین میزان آنتوسیانین در گاوزبان ایرانی شد (۲۴). در یک پژوهش گزارش شد عملکرد گل خشک در گاوزبان ایرانی تحت‌تأثیر کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و کود گاوی به‌ترتیب ۲۵، ۲۸ و ۲۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، ضمن اینکه مشخص شد متغیرهای ارتفاع بوته، عملکرد اندام هوایی و تعداد گل در بوته، اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد گل بودند (۸). کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست ضمن کمک به گاوزبان اروپایی در شرایط تنش خشکی، میزان عملکرد گل خشک را در مقایسه با شاهد افزایش داد. در یک پژوهش پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه گزارش شد که کاربرد ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست منجر به تولید بیشترین عملکرد شد (۱۲). بیشترین وزن خشک بوته و عملکرد اسانس گیاه دارویی بادرشبی در شرایط کاربرد ۲۰ تن کود دامی بدست آمد (۴۴). در پژوهشی دیگر، بیشترین ارتفاع بوته (۶۲/۸۳ سانتی‌متر) و عملکرد زیست‌توده (۹۲۸۱/۷۱ کیلوگرم در هکتار) گیاه دارویی گشنیز در تیمار کاربرد ۹ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد، ولی بیشترین شاخص سطح برگ (۱/۴۲)، عملکرد دانه (۱۳۹۹/۸۴ کیلوگرم در هکتار) و درصد اسانس (۰/۵۶ درصد) در تیمار ۱۲ تن کود دامی در هکتار حاصل شد (۶۰). کاربرد میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین تولید بذر در بوته گاوزبان ایرانی را سبب شد (۴۹). بیشترین تعداد ساقه فرعی، ارتفاع، عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد موسیلاژ و اسانس در گاوزبان اروپایی با مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی (اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) به‌علاوه کود زیستی (نیتروکسین حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم) حاصل شد (۳۵). مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن در شرایط تلقیح بذر با نیتروکسین منجر به تولید بیشترین ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، عملکرد خشک سرشاخه گلدار و عملکرد خشک بوته گاوزبان اروپایی شد (۷۱).

تعداد گل در بوته

در بررسی برهمکنش اثرات تراکم گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر تعداد گل در بوته مشاهده شد که اثر کودهای آلی مورد مطالعه در تراکم‌های مختلف گیاهی متفاوت بود، به‌طوری‌که کود گاوی در تراکم‌های ۱۰ و ۵ بوته در متر مربع و کود ورمی‌کمپوست در تراکم ۳ بوته در متر مربع از برتری قابل‌توجهی نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند، ضمن اینکه هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی بهترین تأثیر خود را در افزایش تعداد گل در بوته به‌ترتیب در تراکم‌های ۱۰، ۳ و ۵ بوته در متر مربع نشان دادند (جدول ۴). همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، کود شیمیایی اوره در تراکم گیاهی ۵ بوته در متر مربع نقش مؤثرتری در افزایش تعداد گل در بوته ایفا کرد، به‌طوری‌که کاربرد آن در تراکم ۵ بوته در متر مربع به‌ترتیب منجر به افزایش ۳ و ۵۷ درصدی تعداد گل در بوته در مقایسه با کاربرد این کود در تراکم‌های ۱۰ و ۳ بوته در متر مربع شد. به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک (۵۵)، افزایش ظرفیت نگهداری آب (۶۸) و فراهمی جذب بیشتر عناصرغذایی (۴۶)، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده‌ی خشک گیاهی شدند (۱۴) که این مسئله در نهایت به افزایش گلدهی گیاه انجامیده است. در یک پژوهش اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف روی گیاه دارویی مرزه مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که ورمی‌کمپوست چه به تنهایی و چه در کاربرد همزمان با کودهای بیولوژیک نیتروکسین و نیتراژین منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد (۶۱). در پژوهشی، اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد گل شد (۱۸). به‌نظر می‌رسد در تراکم بالا (تراکم ۱۰ بوته در متر مربع)، احتمالاً رقابت درون‌گونه‌ای سبب شده گیاهان نتوانند استفاده مناسبی از امکانات محیطی و منابع تغذیه‌ای داشته باشند (۵۸) و در تراکم پایین (تراکم ۳ بوته در مترمربع) نیز احتمالاً میزان هدررفت منابع زیاد بوده (برخی از موارد عبارتند از طریق تبخیر از خاک، رقابت برون‌گونه‌ای، عدم قرارگیری منابع در محیط توسعه ریشه) (۱۶) و لذا در تراکم متوسط گیاهی استفاده مطلوب‌تری از منابع صورت گرفته است.

وزن تر گل در بوته

اثر متقابل تراکم گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر وزن

تر گل در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن تر گل در بوته به‌ترتیب در تیمارهای تراکم ۵ بوته در متر مربع و کود گاوی (۴۷۲/۹۰ گرم) و تراکم ۵ بوته در متر مربع و کود شیمیایی اوره (۱۵۸/۱۰ گرم) مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف (جدول ۵)، بین وزن تر گل در بوته و تعداد ساقه فرعی در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۵۴**) در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، لذا با توجه به اینکه استفاده از کودهای آلی باعث افزایش تعداد ساقه فرعی در بوته شد (جدول ۴)، بهبود وزن تر گل در بوته در شرایط استفاده از این کودها منطقی به نظر می‌رسد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در گاوزبان ایرانی تحت‌تأثیر تراکم‌های مختلف و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی (اوره)

Table 5– Correlation coefficients between studied characteristics in *Echium amoenum* affected by different densities and application of organic and chemical (urea) fertilizers

Code کد	Trait صفت	1	2	3	4	5	6
1	عملکرد گل Flower yield	1					
2	تعداد گل در بوته Flower number per plant	0.21ns	1				
3	وزن تر گل در بوته Flower fresh weight per plant	0.38**	0.10ns	1			
4	تعداد ساقه فرعی در بوته Number of lateral branch per plant	0.27ns	0.30*	0.54**	1		
5	طول ساقه فرعی Lateral branch length	0.30*	0.09ns	0.41**	0.22ns	1	
6	ارتفاع بوته Plant height	0.29*	0.03ns	0.41**	0.22ns	0.53**	1

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار.

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

در یک پژوهش، در کشت ارگانیک ریحان مصرف کمپوست خصوصیات کمی و کیفی گیاه را بهبود بخشید (۲۲). در پژوهشی دیگر، اثر کودهای آلی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis*) بررسی و گزارش شد که بیشترین وزن خشک گل در تیمار ورمی‌کمپوست به همراه تلقیح با کود فسفاته بارور بدست آمد (۵۹). در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کوهای آلی و شیمیایی مختلف روی گیاه دارویی اسفرزه مشاهده شد که کاربرد کمپوست در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به کود شیمیایی دارای برتری بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد گیاه در تیمار ۸ تن در هکتار کمپوست بدست آمد (۳۷). همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر تمامی کودهای آلی مورد مطالعه در تراکم ۵ بوته در متر مربع تشدید شد، به‌طوری‌که در این تراکم گیاهی وزن تر گل در بوته در نتیجه‌ی کاربرد کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب ۷۵، ۶۶ و ۱۹۳ درصد نسبت به کودهای مشابه در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع و به‌ترتیب ۳۳، ۷۶ و ۷ درصد نسبت به کودهای مشابه در تراکم ۳ بوته در متر مربع افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که در تراکم‌های گیاهی بیش از حدمطلوب، عوامل محیطی و تابش خورشیدی به‌اندازه‌ی کافی در اختیار گیاه قرار نگرفتند و در تراکم‌های کمتر از حد مطلوب از امکانات محیطی موجود به‌نحو کارآمد استفاده نشد (۱۶)، در نتیجه در هر دو حالت وزن تر گل در بوته کمتر از تراکم‌های متوسط گیاهی (۵ بوته در متر مربع) بود. به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی با توجه به دارا بودن مقادیر مناسب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و فرم گوگرد قابل استفاده در طول دوره رشد (۶۹) باعث بهبود رشد اندام‌های رویشی و زایشی گیاه شدند و در نتیجه وزن خشک گل در بوته افزایش یافت. نتایج برخی محققین (۷۳) بیانگر اثر مثبت کودهای دامی بر مقدار ماده‌ی خشک گیاه دارویی اسفرزه بود. در آزمایشی دو ساله اثر فواصل کاشت (۱۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر روی ردیف) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.) بررسی و گزارش شد که در هر دو سال مورد مطالعه بیشترین وزن تر و خشک اندام اقتصادی در شرایطی بدست آمد که فواصل کاشت روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود (۷). در پژوهشی، اثر تراکم‌های مختلف (۱۲/۵، ۱۶/۶ و ۲۵ بوته در متر مربع) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گشنیز بررسی و گزارش شد که با افزایش تراکم، تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و وزن خشک بوته با کاهش مواجه شد (۶). در آزمایشی دیگر، پس از بررسی اثر تراکم‌های مختلف گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibicus sabdariffa* L.) گزارش شد که با افزایش فاصله‌ی بین ردیف‌های کاشت از ۵۰ به ۱۰۰ سانتی‌متر، وزن تر و خشک گل در بوته افزایش یافت (۴۳).

تعداد ساقه فرعی در بوته

در بررسی اثر متقابل تراکم گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر تعداد ساقه فرعی در بوته مشاهده شد که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه در تراکم‌های ۵ و ۳ بوته در متر مربع تعداد ساقه فرعی در بوته را نسبت به شاهد افزایش دادند، به‌طوری‌که تعداد ساقه فرعی در بوته در کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب ۱۹، ۱۹ و ۵۶ درصد در تراکم ۵ بوته در متر مربع و به‌ترتیب ۷۳، ۱۳۱ و ۱۲۷ درصد در تراکم ۳ بوته در متر مربع در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به وجود عناصرغذایی در کودهای آلی و تأثیری که این کودها در فراهمی و جذب مواد غذایی و رطوبت دارند (۷۴)، افزایش تعداد ساقه‌های فرعی در شرایط استفاده از این کودها منطقی به‌نظر می‌رسد. به نظر می‌رسد که در بوته‌های با تعداد ساقه فرعی بیشتر، گیاه احتمالاً بیشتر ذخایر غذایی خود را صرف رشد رویشی کرد، لذا رشد زایشی دچار نقصان شد، به‌طوری‌که تعداد چرخه‌های گل بارور در این بوته‌ها با کاهش مواجه شد و عملکرد گل با افزایش تعداد ساقه فرعی در بوته کاهش یافت. انجام پژوهشی بر روی ریحان نشان داد که کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاه نسبت به شاهد شد (۹). بر اساس نتایج پژوهشی در گیاه دارویی همیشه‌بهار، مصرف کودهای آلی به ویژه ورمی‌کمپوست، افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی در بوته و تعداد گل در بوته را به همراه داشت (۵۹). همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، کود شیمیایی اوره در هیچ‌یک از تراکم‌های گیاهی مورد مطالعه نتوانست نقش مؤثری در افزایش تعداد ساقه فرعی در بوته ایفا کند و به‌ویژه در تراکم‌های ۵ و ۳ بوته در متر مربع، اثر کمتری نسبت به کودهای آلی داشت.

طول ساقه فرعی

اثر متقابل تراکم و کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر طول ساقه فرعی معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که در تمامی تراکم‌های مورد مطالعه، طول ساقه فرعی در شرایط استفاده از کودهای آلی نسبت به شاهد بیشتر بود، البته لازم به ذکر است که کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست در تراکم ۵ بوته در متر مربع و کود گاوی در تراکم ۳ بوته در متر مربع، اثر بیشتری در افزایش طول ساقه فرعی داشتند (جدول ۴). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که کاربرد کودهای آلی بر رشد گیاه و خصوصیات خاک اثر مثبت داشته و مقدار مواد غذایی در دسترس گیاه را افزایش می‌دهد (۳۹ و ۷۴). در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی چندین گیاه دارویی گزارش شد که ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته ی سرخارگل (*Echinaceae purpurea*) و افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه بادرنجبویه شد (۱۹). با کاهش تراکم گیاهی نقش کودهای آلی در افزایش طول ساقه فرعی نسبت به کودهای شیمیایی اوره بیشتر نمایان شد، به‌طوری‌که در تراکم‌های ۱۰ و ۵ بوته در متر مربع، بین کودهای آلی و شیمیایی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳)، ولی در تراکم ۳ بوته در متر مربع، طول ساقه فرعی در تمامی کودهای آلی مورد مطالعه نسبت به کود شیمیایی افزایش یافت و در این تراکم گیاهی کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۲، ۲۸ و ۳۳ درصدی طول ساقه فرعی در مقایسه با کود شیمیایی اوره شدند (جدول ۴). در یک پژوهش اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف عصاره‌ی ورمی‌کمپوست (صفر، ۳۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) بر صفات مورفولوژیک گیاه دارویی بادرنجبویه بررسی و گزارش شد که بیشترین طول ساقه، تعداد گره، سطح برگ و وزن خشک بوته مربوط به تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام ورمی‌کمپوست بود (۵۱).

ارتفاع بوته

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در تمامی تراکم‌های گیاهی مورد مطالعه، کودهای آلی منجر به افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شدند، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب ۲۷، ۱۱ و ۱۵ درصد در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع، به‌ترتیب ۳۰، ۲۴ و ۲۷ درصد در تراکم ۵ بوته در متر مربع و به‌ترتیب ۲۱، ۹ و ۱۹ درصد در تراکم ۳ بوته در متر مربع نسبت به شاهد افزایش یافت، ضمن اینکه کود شیمیایی اوره نیز در تراکم‌های ۱۰، ۵ و ۳ بوته در متر مربع عملکرد دانه را به‌ترتیب از افزایش ۳۰، ۶ و ۴ درصدی بهره‌مند ساخت. اثرات مثبت کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مختلف در آزمایشات متعددی (۲۰ و ۳۹) مورد تأکید قرار گرفته است. به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی احتمالاً از طریق بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری عناصرغذایی (۱۰) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه و از جمله ارتفاع آن شدند. در یک پژوهش، اثر کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه، قدومه‌شیرازی (*Alyssum homolocarpum* L.)، قدومه‌شهری (*Lepidium perfoilatum* L.) و تخم‌شربتی (*Lalementia iberica* L.) مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که تیمار کود گاوی منجر به تولید بیشترین ارتفاع گیاهان در مقایسه با سایر تیمارها شد، ضمن اینکه ارتفاع تمامی گیاهان مورد مطالعه در کودهای ورمی‌کمپوست، کمپوست قهوه و کمپوست قارچ نیز نسبت به شاهد بیشتر بود (۳۸).

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنول کل

در بررسی اثرات متقابل تراکم گیاهی و کودهای آلی مختلف و کود شیمیایی (اوره) مشاهده شد که اثر کودهای آلی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تراکم‌های گیاهی مختلف متفاوت بود (جدول ۶)، به

این ترتیب که هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب در تراکم‌های ۱۰، ۵ و ۳ بوته در متر مربع بیشترین تأثیرگذاری خود را در بهبود میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمایان کردند (جدول ۷). تمامی کودهای آلی مورد بررسی در تراکم‌های ۳ و ۵ بوته در متر مربع منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد شدند، ولی با افزایش تراکم گیاهی از ۵ به ۱۰ بوته در متر مربع به جز ورمی‌کمپوست سایر کودها دارای اثر منفی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی بودند (جدول ۷). کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی (اوره) در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع میزان فنول کل را به‌ترتیب ۱۰۶، ۵۴، ۶۶ و ۱۷۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش دادند، ضمن این‌که کود شیمیایی در تراکم ۵ بوته در متر مربع نیز میزان فنول کل را از افزایشی ۳۵ درصدی نسبت به شاهد برخوردار کرد (جدول ۷).

جدول ٦- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های کیفی گاوزبان ایرانی تحت‌تأثیر تراکم‌های مختلف و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی (اوره)

Table 6- Analysis of variance (means of square) of some qualitative characteristics of *Echium amoenum* affected by different densities and application of organic and chemical (urea) fertilizers

منبع تغییرات Source of variations	میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	میزان فنول کل Total phenol	میزان فلاونوئید کل Total flavonoid	میزان آنتوسیانین کل Total anthocyanin
تراکم گیاهی Plant density	624.22**	389.17**	47868**	4.30**
کود Fertilizr	156.70**	272.56**	12353**	8.82**
تراکم بوته×کود Plant density×Fertilizer	1095.17**	629.43**	21834**	6.76**
خطای آزمایشی Experimental error	12.22	32.43	1380	0.0000001
درصد ضریب تغییرات Cv (%)	14.79	12.61	19.48	11.41

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

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

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل تراکم‌های مختلف و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی (اوره) بر برخی ویژگی‌های کیفی گاوزبان ایرانی

Table 7- Mean comparison of interaction effects of different densities and application of organic and chemical (urea) fertilizers on some qualitative characteristics of *Echium amoenum*

تراکم Density (plant per m^2)		میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity ($mg.ml^{-1}$)	میزان فنول کل Total phenol mg GAE.g^{-1} (flower DW)	میزان فلاونوئید کل Total flavonoid mg QE.$100g^{-1}$ (flower DW)	میزان آنتوسیانین کل Total anthocyanin ($mg.g^{-1}$ flower DW)
10	کمپوست Compost	97.55a	47.50bc	366.60bc	0.0026bc
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	58.93g	35.66de	318.54c	0.0029b
	گاوی Cow manure	41.27i	38.39cd	491.29a	0.0028bc
	شیمیایی Chemical fertilizer	57.99g	63.05a	419.29b	0.0023bc
	شاهد Control	75.98c-e	23.11f	427.16b	0.0023bc
5	کمپوست Compost	67.49f	52.51b	348.30c	0.0042a
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	82.20c	43.27b-d	360.60bc	0.0040a
	گاوی Cow manure	88.13b	34.95de	301.96c	0.0036a
	شیمیایی Chemical fertilizer	76.96cd	71.36a	330.73c	0.0036a
	شاهد Control	50.24h	52.76b	306.76c	0.0023bc
3	کمپوست Compost	70.61ef	42.03b-d	539.93a	0.0026bc
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	72.27d-f	49.91b	539.65a	0.0028bc
	گاوی Cow manure	96.64a	44.44b-d	494.45a	0.0026bc
	شیمیایی Chemical fertilizer	79.78c	26.20ef	300.99c	0.0021c
	شاهد Control	76.92cd	52.00b	326.85c	0.0030b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan's multiple range test.

به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی در خاک ضمن تأمین مقادیری از عناصر غذایی، باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، امکان آماده‌سازی بستر مناسب‌تر برای رشد ریشه و افزایش سبزینگی گیاه شده و از این طریق بهبود خصوصیات کیفی گیاه را در پی داشته است (۵۶). برخی محققین افزایش عملکرد کیفی گیاه بومادران (*Achillea millefolium*) را در نتیجه‌ی کاربرد کودهای آلی گزارش کردند (۶۷). تأثیر نهاده‌های زیستی و آلی را بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی انیسون بررسی و گزارش شد که با افزایش مقدار مصرفی ورمی‌کمپوست از صفر به ۵ و از ۵ به ۱۰ تن در هکتار درصد اسانس، عملکرد اسانس، درصد آنتول و درصد متیل کاویکول در مقایسه با شاهد افزایش یافت (۳۶). در پژوهش دیگری، بیشترین عملکرد اسانس و میزان آنتول اسانس گیاه دارویی رازیانه در تیمار مخلوط کمپوست و ورمی‌کمپوست بدست آمد (۴۵).

جهت استفاده مطلوب از عوامل محیطی نظیر نور، آب، مواد غذایی و نیز جلوگیری از بروز رقابت شدید، تعداد بوته در واحد سطح باید در حد بهینه باشد. تراکم بوته مطلوب تراکمی است که در نتیجه‌ی آن کلیه‌ی عوامل محیطی به‌طور مؤثر مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در عین حال رقابت‌های درون‌بوته‌ای و بین‌بوته‌ای در حداقل باشند تا حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب بدست آید (۱۶). افزایش تراکم گیاهی منجر به افزایش مقدار و درصد اسید رزمارینیک گیاه دارویی مریم‌گلی شد (۲). افزایش تراکم به دلیل کاهش نفوذ نور به پوشش گیاهی، کاهش عملکرد اسانس مرزه (۳۲) را در پی داشت، در حالی‌که عملکرد اسانس نعناع فلفلی با افزایش تراکم از ۸ به ۲۰ بوته در متر مربع افزایش یافت (۳۱).

میزان فلاونوئید کل و آنتوسیانین کل

نتایج اثرات متقابل تراکم گیاهی و کودهای آلی مختلف و شیمیایی (اوره) نشان داد که کود گاوی در تراکم‌های ۳ و ۱۰ بوته در متر مربع در بهبود میزان فلاونوئید کل مؤثر واقع شد (جدول ۶)، به طوری‌که فلاونوئید کل را در هر یک از تراکم‌های ۳ و ۱۰ بوته در متر مربع به‌ترتیب ۵۱ و ۱۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۷). کاربرد کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست نیز در تراکم ۳ بوته در متر مربع منجر به افزایش ۶۵ درصدی میزان فلاونوئید کل نسبت به شاهد شد (جدول ۷). افزایش و یا کاهش بیش از حد تراکم گیاهی (در تراکم‌های ۳ و ۱۰ بوته در متر مربع) از نظر میزان آنتوسیانین کل دارای اثر منفی بر اثرات کودهای آلی بود، ولی در تراکم متوسط گیاهی (۵ بوته در متر مربع) استفاده از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گاوی میزان آنتوسیانین کل را به‌ترتیب ۸۳، ۷۴ و ۵۷ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۷). با بررسی اثر کمپوست بر گیاه توت‌فرنگی (*Vesca fragaria*)، گزارش شد که کاربرد کمپوست، باعث افزایش ارتفاع، عملکرد کل، درصد مواد جامد محلول و آنتوسیانین میوه شد (۷۰). کاربرد همزمان ۱۲ تن در هکتار کود گاوی، ۷/۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی (فسفات آمونیوم) منجر به تولید بیشترین عملکرد اسانس و بیشترین میزان کامازولن در گیاه دارویی بابونه آلمانی شد (۵۲). نتایج پژوهش‌های متعدد روی گیاهان دارویی از جمله بابونه رومی (*Chamaemelum nobile*) (۴۰)، بابونه آلمانی (۶۴)، بادرشبی (۴۱)، ریحان (۹) و رازیانه (۱۸) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش کمیت و کیفیت ماده‌ی مؤثره گردید.

قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت‌تأثیر تنش‌های محیطی (نظیر تنش‌های ناشی از عدم رعایت تراکم مطلوب گیاهی و تنش‌های تغذیه‌ای) تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌یابد، بنابراین مدیریت تغذیه گیاه نقش اساسی در تولید محصولات گیاهی داشته و گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر غذایی را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به تنش‌ها خواهد داشت (۱۶). واکنش گیاه دارویی مرزه سهندی (*Satureja sahandica* Bormn.) به تراکم‌های مختلف کاشت (۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع) بررسی و گزارش شد که با افزایش تراکم کاشت تا سطح ۱۰ بوته در متر مربع عملکرد اسانس افزایش یافت، در حالی‌که افزایش بیشتر تراکم گیاهی عملکرد اسانس را با روندی کاهشی مواجه کرد (۴).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که تراکم گیاهی به‌طور معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه تأثیر داشت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد گل، وزن تر و خشک گل در بوته، طول ساقه فرعی و قطر تاج‌پوشش در تراکم ۵ بوته در متر مربع و بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته در تراکم ۳ بوته در متر مربع مشاهده شد، البته از آنجایی‌که در گاوزبان ایرانی عملکرد گل مهمترین فاکتور کمی محسوب می‌شود، لذا با توجه به نتایج این پژوهش برای کاشت این گیاه تراکم گیاهی ۵ بوته در متر مربع توصیه می‌شود. تمامی کودهای آلی مورد مطالعه اکثر صفات مورد بررسی را در مقایسه با شاهد بهبود بخشیدند، به‌طوری‌که کود کمپوست منجر به تولید بیشترین وزن تر گل در بوته و طول ساقه فرعی شد، کود ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد گل، وزن خشک گل در بوته، تعداد ساقه فرعی در بوته و قطر تاج‌پوشش ایفا کرد. با مقایسه‌ی کودهای آلی و شیمیایی مشاهده شد که اثر کودهای آلی در بهبود اکثر صفات مورد بررسی، بیشتر از کود شیمیایی اوره بود (جدول ۴). نتایج اثر متقابل تراکم و کودهای آلی و شیمیایی (اوره) نشان داد که کودهای آلی در کشت‌های متراکم

گاوزبان ایرانی نتوانستند قابلیت‌های خود را در بهبود خصوصیات کمی گیاه نمایان سازند، به‌طوری‌که این کودها در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع حتی بعضاً دارای اثر منفی بر برخی نظیر وزن تر گل در بوته، تعداد ساقه فرعی در بوته، طول ساقه فرعی و ارتفاع بوته بودند، در حالی‌که با افزایش فواصل کاشت روی ردیف، اثر کودهای آلی در بهبود اکثر صفات مورد بررسی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به نظر می‌رسد که با کاهش تراکم گیاهی، احتمالاً رقابت درون‌گونه‌ای بر سر منابع غذایی کاهش یافته و بوته‌های گاوزبان به‌طور مؤثرتری از عناصر غذایی کودهای آلی بهره بردند. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که در سطوح مختلف تراکم گیاهی، کودهای آلی متفاوت دارای بیشترین تأثیر در بهبود خصوصیات کمی گیاه بودند، به‌عنوان مثال در ارتباط با عملکرد گل، کود ورمی‌کمپوست در تراکم‌های ۱۰ و ۵ بوته در متر مربع و کود گاوی در تراکم ۳ بوته در متر مربع نسبت به سایر کودهای آلی دارای برتری بودند. نتایج صفات کیفی حاکی از آن بود که کود گاوی در تراکم‌های ۳ و ۵ بوته در متر مربع و کود کمپوست در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بیشترین تأثیر را در افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایفا کرد. تمامی کودهای آلی و شیمیایی (اوره) مورد مطالعه در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع منجر به افزایش میزان فنول کل شدند و کود گاوی بیشترین میزان فلاونوئید کل را در تراکم‌های ۳ و ۱۰ بوته در متر مربع سبب شد و میزان آنتوسیانین کل در تراکم ۵ بوته در متر مربع تحت تأثیر کودهای آلی و شیمیایی (اوره) افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کودهای آلی در تراکم‌های مطلوب گیاهی می‌تواند ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان ایرانی، اثرات مخرب ناشی از مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داده و سلامت محصول و پایداری تولید را در درازمدت تضمین کند.

منابع

1- Ahmadabadi Z., Ghajar Sepanlou M., and Bahmanyar M.A. 2012. Effect of vermicomost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of *Borago officinalis*. Iranian Journal of Crops Improvement, 13: 1-12. (In Persian with English abstract)

2- Abu-Darwish M., Al-Ramamneh E.A.D., Salamon I., Abu-Dieyeh Z., Al-Nawaiseh M., and Albdour T. 2013. Determination of essential oil bioactive components and rosmarinic acid of Salvia officinalis cultivated under different intra-row spacing. Notulae Scientia Biologicae 5: 198-203.

3- Ahmadian A., Ghanbari A., and Galavi M. 2006. Effect of animal manure on quantitative and qualitative yield and chemical composition of essential oil in cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crops Research 4: 1-10. (In Persian with English abstract)

4- Akbarinia A., Ghalavand A., Sefidkan F., Tahmasebi Z., Sharifi A., and Rezaee M. 2002. Evaluation of Copticum yield and oil in organic, conventional and integrated farming systems. 7nd agronomy and plant breeding of Iran, Seed and Plant Research Institute, Karaj. (In Persian with English abstract)

5- Akbar Nejad F., Astaraee A., Fotovat A., and Nassiri Mahallati M. 2010. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on yield and yield component of *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 767-771. (In Persian with English abstract)

6- Akhani A., Darzi M.T., and Haj Seyed Hadi M.R. 2012. Effects of biofertilizer and plant density on yield components and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum*). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4: 1205-1211.

7- Al-Dein E., and Al-Ramamneh M. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30: 389-394.

8- Amiri M.B., Rezvani Moghaddam P., and Jahan M. 2016. Study the morphological characteristics affecting yield of *Echium amoenum* under different organic and chemical fertilizer and plant densities. Iranian Journal of Horticultural Science 47: 55-69. (In Persian with English abstract)

9- Anwar M., Patra D.D., Chand S., Alpesh K., Naqvi A., and Khanuja S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. Communication in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.

10- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Welch C., and Metzger J.D. 2004. Influence of vermicompost on field strawberries. Bioresource Technology 93: 145-153.

11- Arancon N.Q., Galvis P.A., and Edwards A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology 96: 1137-1142.

12- Asadi Gh.A., Momen A., Noruzade Nameghi M., and Khoramdel S. 2014. Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on yield and nitrogen efficiency of *Plantago ovate* Forsk. Iranian Journal of Agroecology 5: 373-382. (In Persian with English abstract)

13- Ashouri D., Nourhosieni Niaki S.A., Safarzadeh Vishkaei M.N., Aminpanah H., and Sharifi P. 2013. Effect of planting pattern and plant density on yield of *Echium amoenum* L. harvested in three years. Journal of Crop Production Research 261-276. (In Persian with English abstract)

14- Atiyeh R.M., Lee S.S., Edwards C.A., Arancon N.Q., and Metzger J. 2002. The influence of humic acid derived

from earthworm-processed organic waste on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.
15- Azizi M., Razavi M., Hasanzadeh Khayyat M.H., Lakzian A., and Neamati H. 2009. Effect of various levels of vermicompost and irrigation on morphologic characteristic of *Matricaria recutita* Var. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 82-93. (In Persian with English abstract)
16- Caliskan M.E., Kusman N., and Caliskan S. 2009. Effects of plant density on the yield and yield components of true potato seed (TPS) hybrids in early and main crop potato production systems. Field Crops Research 114: 223-232.
17- Chang Y.L. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. Journal Agricultural Food Chemistry 50: 3713-3717.
18- Darzi M.T., Ghalavand A., Rejali F., and Sefidkon F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vugare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 278-292. (In Persian with English abstract)
19- Delate K. 2000. *Heenah mahyah student from herb trail*. Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Jowa State University. Ames, IA.
20- D'Hose T., Cougnon M., De Vliegher A., Vandecasteele B., Viaene N., Cornelis W., Van Bockstaele E., and Reheul D. 2014. The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. Applied Soil Ecology 75: 189-198.
21- Doan T.T., Ngo P.T., Rumpel C., Nguyen B.V., and Jouquet P. 2013. Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. Scientia Horticulturae 160: 148-154.
22- Elgendy S.A., Hosni A.M., Omer E.A., and Reham M.S. 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in newly reclaimed and in Egypt. Arab Universities Journal of Agricultural Science 9: 915-933.
23- Fallahi J., Koocheki A., and Rezvani Moghaddam P. 2008. Investigating the effects of organic fertilizers on quantity index and the amount of essential oil and chamazulene in chamomile (*Matricaria recutita*). Iranian Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture 8: 157-168. (In Persian with English abstract)
24- Faraji M., and Poursakhi K. 2018. Effects of biological and organic fertilizers on morphological and phytochemical characteristics of Iranian borage (*Echium amoenum* Fisch. & C.A.Mey.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 34: 50-61. (In Persian with English abstract)
25- Farhang Meher S., Akbari Sh., and Rezvan Beidokhti Sh. 2014. Effect of planting date and plant density on flower yield and some morphological characteristics of *Matricaria chamomilla* L. Journal of Plant Ecophysiology 6: 79-87. (In Persian with English abstract)
26- Ghilavizadeh A., Darzi M.T., Haj Seyed Hadi M.R., and Rejali F. 2012. Influence of plant growth promoter bacteria and plant density on yield components and seed yield of ajowan (*Carum copticum*). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4: 1255-1260.
27- Gutierrez F.A., Santiago J., Molina J.A.M., Nafate C.C., Abud M., Llaven M.A.O., Rincon R., and Dendooven L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Bioresource Technology 98: 2781-2786.
28- Haj Seyyed Hadi M.R., Darzi M.T., Riazi Gh.H. and Ghandarhari Z. 2013. Evaluation of effect of vermicompost and aminoacids on yield and yield components of *Matricaria chemmomilla*. Iranian Journal of Plant and Ecosystem 33: 67-80. (In Persian with English abstract)
29- Hasanvand H., Siadat S.A., Bakhshandeh A.M., Moradi Telavat M.R., and Poshtdar A. 2018. Evaluation of yield and some physiological characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) under plant density and sowig dates in Ahwaz region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 34: 1-16. (In Persian with English abstract)
30- Heidari M.R., Azad E.M., and Mehrabani M. 2006. Evaluation of the analgesic effect of Echium amoenum Fisch & C.A. Mey. Extract in mice: Possible mechanism involved. Journal of Ethnopharmacology 103: 345-349.
31- Heidari F., Zehtab-Salmasi S., Javanshir A., Aliari H., and Dadpour M.R. 2008. The effect of plant density on yield and production of essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12: 501-510. (In Persian with English abstract)
32- Hekmati M., Hadian J., and Tabaei Aghdaei S.R. 2012. Evaluating the effect of planting density on yield and morphology of savory (*Satureja khuzistanica* Jamzad). Annals of Biological Research 3: 4017-4022.
33- Hosseinpour M., Pirzad A., Habibi H., and Fotokian M.H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of anise. Iranian Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 2: 69-86. (In Persian with English abstract)
34- Ibrahim H.M. 2012. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. APCBEE Procedia 4: 175-182.
35- Karami A., Sepehri A., Hemzei J., and Salimi Gh. 2011. Effect of nitrogen and phosphorous biofertilizers on quantitative and qualitative traits of borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. Plant Production Technology 11: 37-50. (In Persian with English abstract)

36- Khalesro Sh., Ghalavand A., Sefidkon F., and Asgharzadeh A. 2012. The effect of biological and organic inputs on quantity and quality of essential oil and some elements content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27: 551-560. (In Persian with English abstract)
37- Khandan A., Astaraee A., Nassiri Mahallati M., and Fotovvat A. 2004. Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Iranian Journal of Field Crops Research 3: 245-253. (In Persian with English abstract)
38- Koocheki A., Amirmoradi Sh., Shabahang J., and Kalantari Khandani S. 2013. Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* Forssk., *Alyssum homolocarpum* L., *Lepidium perfoilatum* L., and *Lalementia iberica* L. Agroecology 5: 16-26. (In Persian with English abstract)
39- Lakhdar A., Falleh H., Ouni Y., Oueslati S., Debez A., Ksouri R., and Abdelly Ch. 2011. Municipal solid waste compost application improves productivity, polyphenol content, and antioxidant activity of *Mesembryanthemum edule*. Journal of Hazardous Materials 191: 373-379.
40- Liuc J., and Pank B. 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile. Scientia Pharmaceutica 46: 63-69.
41- Mafakheri S., Omidbaigi R., Sefidkon F., and Rejali F. 2012. Effect of vermicompost, biophosphate and azotobacter on quantity and quality of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27: 596-605. (In Persian with English abstract)
42- Mehrabani M., Ghassemi N., Sajjadi S.E., Ghannadi A., and Shams-Ardakani M. 2005. Main phenolic compounds of petals of *Echium amoenum* fisch. And C.A. Mey., a famous medicinal plant of Iran. Daru 13: 65-69.
43- Mir B., Ghanbari A., Ravan S., and Asgharipour M. 2011. Effects of plant density and sowing date on yield and yield components of *Hibiscus sabdarij* in Zabol region. Advances in Environmental Biology 5: 1156-1161.
44- Miri H., and Darzi M.T. 2018. Effects of manure and phosphate solubilizing biofertilizer on growth, yield and essential oil quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in Firouzkuh region. Iranian Journal of Field Crop Science 49: 35-45. (In Persian with English abstract)
45- Moradi R., Nassiri Mahallati M., Rezvani Moghaddam P., Lakzian A., and Nejadali A. 2011. Effect of biological and organic fertilizers on quantitative and qualitative o oil in Foeniculum vulgare Mill. Journal of Horticultural Science 25: 25-33. (In Persian with English abstract)
46- Motta S.R., and Maggiore T. 2013. Evaluation of nitrogen management in maize cultivation grown on soil amended with sewage sludge and urea. European Journal of Agronomy 45: 59-67.
47- Muanda F.N., Soulimani R., Diop B., and Dicko A. 2011. Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from stevia rebaudiana Bertoni leaves. Journal of Food Science and Technology 44: 1865-1872.
48- Nabizadeh E., Habibi H., and Hosainpour M. 2012. The effect of fertilizers and biological nitrogen and planting density on yield quality and quantity *Pimpinella anisum* L. European Journal of Experimental Biology 2: 1326-1336.
49- Najafpoor Navaee M. 2002. Evaluation of effect of phosphorous and nitrogen fertilizers on seed yield of *Echium amoenum*. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants 13: 41-50. (In Persian with English abstract)
50- Ndabamenye T., Van Asten P.J.A., Blomme G., Vanlauwe B., Swennen R., Annandale J.G., and Barnard R.O. 2013. Ecological characteristics and cultivar influence optimal plant density of East African highland bananas (*Musa* spp., AAA-EA) in low input cropping systems. Scientia Horticulturae 150: 299-311.
51- Nemati Darbandi H., Azizi M., Mohammadi S., and Karimpoor S. 2014. Evaluation of effect of foliar spray with different consentrations of vermicompost on morphological traits, essential oil percentage and yield of *Melissa officinalis* L. Iranian Journal of Horticulture Science 27: 411-417. (In Persian with English abstract)
52- Niknejad M., Lebaschy M.H., Jaimand K., and Hatami F. 2013. Effect of organic and chemical fertilizers on essential oil of *Matricaria chamomilla* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29: 373-386. (In Persian with English abstract)
53- Nooriyan Soroor E., Rouzbehan Y., and Alipour D. 2013. Effect of *Echium amoenum* extract on the growth rate and fermentation parameters of Mehraban lambs. Animal Feed Science and Technology 184: 49-57.
54- Ordone A.A.L. 2008. Antioxidant activities of sechium edule swartz extracts. Journal Agricultural Food Chemistry 97: 452-458.
55- Padmavathiamma P.K., Li L.Y., and Kumari U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. Bioresource Technology 99: 1672-1681.
56- Raja Sekar K., and Karmegan N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. Scientia Horticulturae 124: 286-289.
57- Rantala P.R., Vaajasaari K., Juvonen R., Schultz E., Joutti A., and Makela-kurtto R. 1999. Composting of forest industry wastewater sludges for agricultural use. Water Science Technology 40: 187-194.
58- Ren X., Zhang L., Du M., Evers J.B., Van der Werf W., Tian X., and Li Zh. 2013. Managing mepiquat chloride and plant density for optimal yield and quality of cotton. Field Crops Research 149: 1-10.

59- Rezaee M., and Baradaran R. 2011. Effects of biofertilizers on the yield and yield components of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29: 635-650. (In Persian with English abstract)
60- Rezakhani A., and Haj Seyed Hadi M.R. 2017. Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 48: 777-786. (In Persian with English abstract)
61- Rezvani Moghaddam P., Aminghafuri A., Bakhshaee S., and Jafari L. 2013. Evaluation of effect of biofetilizer and organic fertilizer on some quantitative characteristics and amount of oil of *Satureja hortensis* L. Agroecology 5: 105-112. (In Persian with English abstract)
62- Sabahi H., Takafooyan J., Mahdavi Damghani A.M., and Liaghati H. 2010. Effects of integrated application of farmyard manure, plant growth promoting rhizobacteria and chemical fertilizers on production of canola (*Brassica napus* L.) in saline soil of Qum. Agroecology 2: 287-291. (In Persian with English abstract)
63- Saglam C., Atakisi I., Turhan H., Kaba S., Arslanoglu F., and Onemli F. 2004. Effect of propagation method, plant density, and age on lemon balm (*Melissa officinalis*) herb and oil yield. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 32: 419-423.
64- Salehi A., Ghalavand A., Sefidkon F., and Asgharzade A. 2011. The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27: 200-214. (In Persian with English abstract
65- Sangwan P., Kaushik C.P., and Garg V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida.* Bioresource Technology 99: 2442-2448.
66- Sayyah M., Boostani H., Pakseresht S., and Malaieri A. 2009. Efficacy of aqueous extract of *Echium amoenum* in treatment of obsessive-compulsive disorder. Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry 33: 1513-1516.
67- Schiffer M.C., Ronzelli Junior P., and Koehler H.S. 1993. Influence of organic fertilizeration on the biomass, yield composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. Acta Horticulture 331: 109-114.
68- Shamsodin S.M., Maghsudi K., Farahbakhsh H., and Naseralavi M. 2007. Compost and control of soil erosion. *2nd National Congress of Ecological Agriculture*, 25-26 October, Iran, Gorgan. (In Persian with English abstract)
69- Sharpley A.N., McDowell R., and Kleinman P.J.A. 2004. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. Soil Science Society of American Journal 68: 2048-2057.
70- Shehata S.A., Gharib A.A., Mohamed M., El-Mogy Abdel Gawad K.F., and Emad A.S. 2011. Influence of compost, amino and humic acid on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. Journal of Medicinal Plants Research 5: 2304-2308.
71- Sheikhpour S., Sirousmehr A., and Fakheri B. 2017. Effect of nitrogen and nitroxin levels on quantitative traits of borage (*Borago officinalis* L.) under Zabol conditions. Journal of Agricultural Crops Production 19: 933-945. (In Persian with English abstract)
72- Shimada K., Fujikawa K., Yahara K., and Nakamura T. 1992. Antioxidative properties of xanthin on autoxidation of soybean oil in cyclodetrin emulsion. Journal of Agricultural and Food Chemistry 40: 945-948.
73- Tabrizi L. 2004. The effect of water stress and manure on yield, yield components and quality characteristics of *Plantago psyllium*. MS Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)
74- Weber J., Kocowicz A., Bekier J., Jamroz E., Tyszka R., Debicka M., Parylak D., and Kordas L. 2014. The effect of a sandy soil amendment with municipal solid waste (MSW) compost on nitrogen uptake efficiency by plants. European Journal of Agronomy 54: 54-60.

Evaluation of Morphological Characteristics, Quantitative and Qualitative Yield of *Echium amoenum* as Affected by Plant Density and Application of Chemical (Urea) Fertilizer and Different Organic Fertilizers

M.B. Amiri[1]*– P. Rezvani Moghaddam[2]– M. Jahan[3]

Received: 28-01-2018
Accepted: 14-09-2019

Introduction: Maintenance of soil fertility as a permanent bed for continuous production of agricultural products is one of the most important issues affecting the sustainability of food production. In order to achieve healthy food production, application of ecological inputs such as organic fertilizers are inevitable. Organic fertilizers are fertilizer compounds that contain one or more kinds of organic matter. They can improve the soil's ability to hold water and nutrients. They create a beneficial environment for earthworms and microbial organisms that break the soil down into rich, fine humus. Compost is organic matter that has been decomposed and recycled as a fertilizer and soil amendment. Compost can greatly enhance the physical structure of soil. The addition of compost may provide greater drought resistance and more efficient water utilization. Vermicompost is the final product of composting organic material using different types of worms, such as red wigglers or earthworms, to create a homogenized blend of decomposed vegetable and food waste, bedding materials and manure. Vermicompost helps store nutrients and keeps them safe from leeching and irrigation, functioning to balance hormones within plant physiology, and adding beneficial biology to soil. Vermicompost improves soil aeration, enriches soil with micro-organisms (adding enzymes such as phosphatase and cellulose), attracts deep-burrowing earthworms already present in the soil and improves water holding capacity, enhances germination, plant growth and crop yield, improves root growth and structure. Cow manure is an excellent fertilizer containing nitrogen, phosphorus, potassium and other nutrients. It also adds organic matter to the soil which may improve soil structure, aeration, soil moisture-holding capacity, and water infiltration. Plant density is the number of individuals of a given plants that occurs within a given sample unit or study area. Planting density can impact the overall health of plants. Plantings that are too sparse (the density is too low) may be more susceptible to weeds, while planting that are too dense might force plants to compete over scarce nutrients and water and cause stunted growth. Despite of many researches on the effect of organic fertilizers and plant density on different crops, information on the effects of these factors for many medicinal plants is scarce, therefore, in this study effect of organic fertilizers and plant density on morphological characteristics and yield of *Echium amoenum* in a low input cropping system was studied.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of different fertilizers on quantitative characteristics of *Echium amoenum* at different plant densities, a factorial experiment based on RCBD design with three replications was conducted in 2011-2013 growing seasons, in Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Experimental factors included three plant densities (10, 5 and 3 plant per m^2) and five different types of organic and chemical fertilizers (municipal waste compost, vermicompost, cow manure, chemical (urea) fertilizer and control).

Results and Discussion: The results showed that with reduction of plant density, effect of organic fertilizers on increasing the flower yield was exacerbated and at the lowest density, municipal waste compost, vermicompost and cow manures increased flower yield 112, 79 and 223% compared to control, respectively. In all studied densities, length of lateral branches in conditions of organic fertilizers application was more than control. Municipal waste compost, vermicompost, cow manure and chemical fertilizer increased total phenol 106, 54, 66 and 173% compared to control, respectively. In plant mean density (5 plant per m^2), application of municipal waste compost, vermicompost and cow manure increased total anthocyanin 83, 74 and 57% compared to control, respectively. In general, result of this study showed that application of organic and chemical fertilizers at optimal plant densities, can improve growth characteristics and quantitative and qualitative yield of *Echium*

1- Assistant Professor, Department of Plant Production, University of Gonabad
(*- Correspondin Author Email: amiri@gonabad.ac.ir)
2 and 3- Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad

amoenum.Organic fertilizers are the most significant resources for development of agricultural soil quality and increase in the yield of different medicinal plants. It has been reported that this ecological inputs provide favorable conditions for plant growth and development through improvement of physical, chemical and biological properties of the soil, therefore, it can be concluded that improvement of the most studied traits in the present study were due to use of organic fertilizers. Fallahi et al., (20) have reported the positive effects of organic fertilizers on the improvement of quantitative and qualitative characteristics in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). It seems that plants compete with each other over scarce nutrients and water in high plant density and cause stunted growth. Some other studies have reported that suitable plant density can increase the growth and yield of some medicinal plants such as coriander (*Coriandrum sativum* L.), Ajwain (*Carum copticum* L.), lemon balm (*Melissa officinalis* L.) and anise (*Pimpinella anisum* L.).

Conclusion: In general, results of this study showed that application of organic and chemical fertilizers at optimal plant densities, while improving growth and yield characteristics of *Echium amoenum* flower can be ensured health of production of this important medicinal plant.

Keywords: Compost, Ecofriendly input, Medicinal plant, Total anthocyanin, Total phenol