

مطالعه صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*)

در شرایط کاربرد کودهای آلی و شیمیایی و تراکم‌های مختلف گیاهی

محمد بهزاد امیری^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*} و محسن جهان^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد (استادیار مجتمع آموزش عالی گناباد)،

استاد و دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۸/۱۰)

چکیده

به منظور مطالعه صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) در شرایط کاربرد تیمارهای تغذیه‌ای و تراکم‌های مختلف، آزمایشی در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۰ در دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۳ تراکم گیاهی (۱۰، ۵ و ۳ بوته در مترمربع) و ۵ نوع کود آلی و شیمیایی مختلف (کمپوست، ورمی کمپوست، گاوی، شیمیایی و شاهد) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه منجر به افزایش عملکرد گل نسبت به شاهد شدند، به طوری که عملکرد گل در تیمارهای کمپوست، ورمی کمپوست و گاوی به ترتیب ۲۵، ۲۸ و ۲۷ درصد بیشتر از شاهد بود. نتایج رگرسیون چندمتغیره نشان داد که متغیرهای ارتفاع بوته، عملکرد اندام هوایی و تعداد گل در بوته، اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد گل بودند، ضمن اینکه سهم نسبی عملکرد اندام هوایی در مقایسه با ارتفاع بوته و تعداد گل در بوته به ترتیب ۱۶ و ۲۵ درصد بیشتر بود. بر اساس نتایج تحلیل مسیر، عملکرد اندام هوایی در بوته به طرق مختلف به طور غیرمستقیم عملکرد گل را تحت تأثیر قرار داد، ولی بیشترین اثر غیرمستقیم آن از طریق ارتفاع بوته بود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تحلیل مسیر، تراکم بهینه، رگرسیون چندمتغیره، کمپوست.

مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های آماری در کمی‌سازی اطلاعات کشاورزی، به انجام برنامه‌ریزی‌های هدفمند برای کاهش مشکلات کشاورزان کمک شایانی کرده است. از جمله این روش‌ها که امروزه در تمامی علوم به‌ویژه علوم کشاورزی کاربرد گسترده‌ای دارد، روش تحلیل رگرسیون چندمتغیره^۱ است که به بررسی و مدل‌سازی رابطه بین متغیرها می‌پردازد (Kerlinger & Pedhazur, 1973). از آنجایی که ارزیابی کلیه

رگرسیون‌های ممکن بین تمام متغیرها، به حجم زیادی محاسبه نیاز دارد، روش‌های مختلفی از رگرسیون چندمتغیره ایجاد شده که در آنها صرفاً تعداد کمی از مدل‌های رگرسیون از طریق افزودن و یا حذف کردن متغیرها در یک زمان مورد بررسی قرار می‌گیرند. این نوع رگرسیون‌ها به رگرسیون گام به گام^۲ معروف هستند (Mesdaghi, 2011) و می‌توان آنها را در سه دسته کلی قرار داد: ۱- گزینش پیش‌رونده^۳، ۲- حذف پس‌رونده^۴ و ۳- رگرسیون گام

زیست‌محیطی و اجتماعی نیز متمر ثمر واقع شده و می‌توانند جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی در بلندمدت باشند (Mao et al., 2005; Lee, 2010). کاربرد کود دامی باعث پوک‌شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و بهبود دانه‌بندی خاک شده و ضمن افزایش کارایی مصرف آب، عملکرد محصول را نیز افزایش می‌دهد (Raja Sekar & Karmegam, 2010). کودهای آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست در اکثر مناطق دنیا به‌طور موفقیت‌آمیزی روی تعداد زیادی از محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Shamsodin et al., 2007; Doan et al., 2013). با عرضه این کودها به خاک، علاوه بر بهبود جنبه‌های غذایی، شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اکوسیستم خاک نیز ارتقاء می‌یابد (Robin et al., 2001). 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 سرخارگل (*Echinacea purpurea*) و افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) شد (Delate, 2000). بر اساس نتایج پژوهشی روی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، مصرف کودهای آلی به‌ویژه ورمی‌کمپوست، افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی در بوته و تعداد گل در بوته را به همراه داشت (Rezaee & Baradaran, 2011).

تراکم بوته به‌عنوان یک عامل زراعی تحت‌کنترل، نقش مؤثری در عملکرد محصولات مختلف ایفا می‌کند و مشخص نمودن تراکم گیاهی از اصول اولیه زراعت هر محصول به شمار می‌رود (Ibrahim, 2012). افزایش متعادل تراکم گیاهی، سبب تسریع بسته شدن تاج‌پوشش، افزایش سطح برگ، بهره‌وری بیشتر از عوامل محیطی، کاهش علف‌های هرز و در نهایت بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف می‌شود (Ndabamenye et al., 2013; Chauhan & Abugho, 2013). لازم به ذکر است که در تراکم‌های بسیار زیاد، به‌دلیل سایه‌اندازی و رقابت شدید گیاهان برای نور و کمبود منابع در دسترس و همچنین حساسیت بیشتر گیاهان به عوامل بیماری‌زا، سرعت

به گام (Rezaei & Soltani, 2008). روش آماری دیگری که امروزه در تحلیل و تبیین بسیاری از پدیده‌ها مؤثر واقع شده، روش تجزیه علیت یا تحلیل مسیر^۱ است. تحلیل مسیر روش مناسبی برای تعیین سهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم یک متغیر روی متغیر دیگر است، چرا که در بسیاری از پژوهش‌ها مشاهده شده که یک متغیر نه تنها دارای اثر مستقیم بر متغیر دیگر بوده، بلکه به‌طور غیرمستقیم از طریق سایر متغیرها بر آن اثر می‌گذارد. به عبارت دیگر، تجزیه علیت، ضریب همبستگی بین دو متغیر را به اثر مستقیم و غیرمستقیم تفکیک و تجزیه می‌کند (Rezaei & Soltani, 2008). در یک پژوهش روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) بررسی و گزارش شد که با توجه به نتایج رگرسیون گام به گام، عملکرد بیولوژیک، تعداد غوزه و شاخه فرعی و تعداد دانه در غوزه اصلی‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه بودند، در حالی که نتایج تجزیه علیت نشان داد که فقط دو صفت از چهار صفت یاد شده (عملکرد بیولوژیک و تعداد غوزه در بوته) به‌طور مؤثری عملکرد دانه را تحت‌تأثیر قرار دادند (Omidi Tabrizi, 2003).

امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان، کشاورزی رایج توانایی پاسخگویی به تمام نیازهای غذایی بشر را ندارد. کشاورزی رایج ضمن تخریب ساختمان خاک، اختلال در حیات موجودات زنده خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی، کاهش تولید درازمدت و افزایش هزینه‌های تولید را به همراه دارد، بنابراین یافتن راهکاری برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی رایج ضروری به نظر می‌رسد (Singh et al., 2011). در حال حاضر، استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگار به عنوان روش‌هایی برای نیل بسوی کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند (Wu et al., 2005). بدون تردید، کاربرد کودهای آلی و دامی به‌خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک و افزایش مواد آلی آن دارد، از جنبه‌های اقتصادی،

ایرانی در شرایط کاربرد کودهای آلی و شیمیایی و در تراکم‌های مختلف گیاهی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین روابط بین عملکرد گل خشک و صفات مورفولوژیک گیاه و پی بردن به آثار مستقیم و غیرمستقیم این صفات بر عملکرد گل خشک، این پژوهش در سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده 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 و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۳ تراکم کاشت ۱۰، ۵ و ۳ بوته در مترمربع (به ترتیب با فواصل کاشت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر روی ردیف و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر) و ۵ نوع کود آلی و شیمیایی مختلف شامل ۱۰ تن در هکتار کمپوست، ۷ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی و شاهد (بدون مصرف کود) بودند.

قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه‌گیری انجام و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

ریزش برگ‌ها افزایش یافته و در نتیجه بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه اثرات منفی می‌گذارد (Zhang et al., 2012). در پژوهشی، اثر تراکم‌های مختلف (۱۲/۵، ۱۶/۶ و ۲۵ بوته در مترمربع) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بررسی و گزارش شد که با افزایش تراکم، تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و وزن خشک بوته با کاهش مواجه شد (Akhami et al., 2012). در آزمایشی دیگر، پس از بررسی اثر تراکم‌های مختلف گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گزارش شد که با افزایش فاصله بین ردیف‌های کاشت از ۵۰ به ۱۰۰ سانتی‌متر، عملکرد گل افزایش یافت (Mir et al., 2011). گاو زبان ایرانی گیاهی چندساله و متعلق به خانواده گاو زبان است و از نظر خواص دارویی، گیاهی ارزشمند محسوب می‌شود (Mehrabani et al., 2005). این گیاه به صورت خودرو در مناطق شمالی کشور و استان قزوین پراکنش دارد (Sayyah et al., 2009). در طب سنتی از گلبرگ‌های این گیاه به‌عنوان مدر، مسکن، معرق و کاهنده فشار خون استفاده می‌شود (Nooriyan Soroor et al., 2013). گاو زبان ایرانی و روند رو به رشد مصرف آن در طب سنتی و صنایع داروسازی و با توجه به اینکه اطلاعات در زمینه همبستگی‌های موجود بین عملکرد و صفات مورفولوژیک این گیاه اندک است، این پژوهش با هدف تعیین اصلی‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد گاو زبان

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه‌آزمایشی

Table 1. Physical and chemical characteristics of experimental field soil.

Soil texture	Nitrogen (ppm)	Phosphorous (ppm)	Potassium (ppm)	pH	EC (dS.m ⁻¹)
Silty loam	15.7	13.4	417	7.3	1.1

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 کارگر و با بیل دستی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری وارد خاک و با آن مخلوط شدند. لازم به ذکر است که در اسفندماه ۱۳۹۱ نیز به‌منظور تقویت رشد مجدد گیاه، همین میزان کود توسط کارگر تا عمق ۱۰

برای اعمال کودهای آلی، میزان عناصر غذایی هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی تعیین (نتایج تجزیه کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است) و سپس بر حسب نیاز غذایی گاو زبان ایرانی (Najafpoor, 2002) و همچنین در نظر گرفتن عرف منطقه به‌ترتیب بر مبنای ۱۰ تن در هکتار کود

(۳۰ روز پس از رشد مجدد گیاه در سال دوم) انجام شد. پس از اتمام سال زراعی اول (۹۱-۱۳۹۰) در مهرماه ۱۳۹۱ اندام هوایی و بقایای گیاهی گاو زبان از زمین خارج شدند. برای آماده سازی زمین و در طول دوره رشد، هیچ گونه علف کش، آفت کش و قارچ کش شیمیایی استفاده نشد.

در سال زراعی دوم (۹۲-۱۳۹۱)، از ابتدا تا انتهای فصل گلدهی، گل های تمام سطح کرت های آزمایشی به صورت روزانه برداشت و وزن تر و خشک گل ها اندازه گیری شد. مجموع وزن خشک گل ها در طی دوره گلدهی به عنوان عملکرد گل خشک در هر کرت در نظر گرفته شد، ضمن اینکه ۳ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و در طول مرحله گلدهی تعداد گل های آنها شمارش شدند. در اواخر فصل رشد، با آغاز مرحله رسیدگی دانه ها و خشک شدن اندام هوایی گیاه، تعداد ۳ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر عملکرد اندام هوایی، تعداد ساقه فرعی، طول ساقه فرعی، ارتفاع بوته و قطر تاج پوشش آنها اندازه گیری شدند. جهت تعیین عملکرد دانه، بوته های تمام سطح کرت های آزمایشی برداشت و وزن دانه آنها تعیین گردید.

به منظور تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل آماری داده های آزمایش و رسم نمودارها، از نرم افزارهای SAS Ver.9.1 و Slide Write Ver.2 استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین ها در سطح احتمال ۵ درصد و توسط آزمون چنددامنه ای دانکن انجام گردید. صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گل خشک، با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و نرم افزار Minitab Ver.16 تعیین شدند و به منظور پی بردن به روابط علت و معلولی بین عملکرد و صفات مورفولوژیک مؤثر بر آن، از روش آماری تجزیه علیت استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر تیمارها بر عملکرد اندام هوایی تک بوته

اثر تراکم بر عملکرد اندام هوایی در بوته معنی دار بود (جدول ۳)، به طوری که بیشترین عملکرد اندام هوایی در بوته در تراکم متوسط مشاهده شد و تراکم ۵ بوته

سانتی متری به خاک کرت های مربوطه اضافه شد. بر اساس منابع موجود (Najafpoor Navae, 2002)، نیاز کودی گاو زبان ایرانی برای نیتروژن از منبع شیمیایی، ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص تعیین شد که نیمی از این مقدار در زمان کاشت و نیم دیگر آن بعد از انجام عملیات تنک به خاک مزرعه اضافه گردید (این میزان نیتروژن خالص توسط کود شیمیایی اوره تأمین شد)، ضمن اینکه در دومین سال زراعی (۹۲-۱۳۹۱) نیز همین میزان کود شیمیایی طی دو مرحله (آغاز رشد مجدد گیاه در سال دوم و مرحله چهار برگی) در اختیار گیاه قرار گرفت.

جدول ۲. خصوصیات کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش
Table 2. Used organic fertilizers characteristics in the experiment.

Type of organic fertilizer	Nitrogen (%)	Phosphorous (%)	Potassium (%)
Compost	0.64	0.44	0.49
Vermicompost	0.89	1.53	0.96
Cow manure	0.21	0.29	1.04

برای آماده سازی زمین با تأکید بر عملیات زراعی اکولوژیک، خاک ریزی حداقل انجام شد، به این ترتیب که پس از انجام دیسک سبک، کرت های آزمایشی با ابعاد ۴/۸۰×۲/۵ متر ایجاد شدند. به دلیل 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. بذرهای گاو زبان ایرانی با منشاء توده مشهد از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و اواسط فرودین ماه ۱۳۹۱ در ردیف هایی به فاصله ۵۰ سانتی متر و بسته به تیمار مورد بررسی با فاصله روی ردیف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی متر از یکدیگر کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری های 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 مرحله ۴ برگی عملیات تنک انجام گرفت. به منظور کنترل علف های هرز، سه نوبت وجین دستی در سال اول (به ترتیب ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت) و یک نوبت وجین دستی در سال دوم

هوایی در بوته در کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گاوی به ترتیب ۲۵، ۷ و ۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، ضمن اینکه کود شیمیایی نیز منجر به افزایش ۱۷ درصدی عملکرد اندام هوایی در بوته نسبت به شاهد شد. کودهای کمپوست و گاوی عملکرد اندام هوایی در بوته را به ترتیب ۱۰ و ۲ درصد نسبت به کود شیمیایی افزایش دادند.

در مترمربع به ترتیب منجر به افزایش ۳۴ و ۴۷ درصدی عملکرد اندام هوایی در بوته نسبت به تراکم های ۱۰ و ۳ بوته در مترمربع شد. کودهای آلی و شیمیایی مختلف به طور معنی داری بر عملکرد اندام هوایی در بوته تأثیر داشتند (جدول ۳)، به طوری که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه دارای اثر مثبت بر عملکرد اندام هوایی در بوته بودند و عملکرد اندام

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد گاو زبان ایرانی تحت تأثیر تراکم های مختلف

و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for some morphological characteristics and yield of *Echium amoenum* affected by different plant density and application of organic and chemical fertilizers.

	df	Mean of squares			
		Shoot yield per plant	Plant height	Flower number per plant	Dry flower yield
Block	2	8.80 ^{ns}	109.95 ^{ns}	221078 ^{ns}	339294 ^{ns}
Plant density	2	48116.71 ^{**}	0.82 ^{ns}	2810317 ^{**}	13075569 ^{**}
Fertilizer	4	3396.94 ^{**}	540.38 ^{**}	1722380 ^{**}	2183909 ^{**}
Plant density×Fertilizer	8	9373.31 ^{**}	122.40 ^{ns}	923445 ^{**}	2497218 ^{**}
Experimental error	28	305.51	74.91	191739	266634
CV (%)	-	10.36	9.48	17.58	16.84

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

اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بررسی و گزارش کردند که گیاهان تحت تیمار ورمی کمپوست دارای ارتفاع بوته، عملکرد برگ و عملکرد تر و خشک اندام های هوایی بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها بود (Tahami Zarandi et al., 2010). نتایج آزمایشی در کدوتنبیل (*Cucurbita maxima* L.) نشان داد که کاربرد کودهای دامی مختلف باعث افزایش زیست توده محصول نسبت به تیمار شاهد شد (Azeez et al., 2010).

با توجه به نتایج جدول ۴، کود شیمیایی در تراکم های ۵ و ۳ بوته در مترمربع، عملکرد اندام هوایی در بوته را به ترتیب ۲۲ و ۶۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج حاصل از یک پژوهش روی کنجد نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی از طریق تأمین عناصر غذایی به ویژه نیتروژن باعث بهبود محتوای نیتروژن برگ و افزایش فتوسنتز گیاه شد و در نتیجه عملکرد بیولوژیک گیاه به طور معنی داری افزایش یافت (Kumar et al., 1996).

بررسی اثر متقابل تراکم گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد اندام هوایی در بوته نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد اندام هوایی در بوته به ترتیب در تیمارهای تراکم ۵ بوته در مترمربع و کود کمپوست (۳۱۲/۱۵ گرم) و تراکم ۳/۳ بوته در مترمربع و شاهد (۶۱/۲۸ گرم) مشاهده شد (جدول ۴). با کاهش تراکم، روند تغییرات عملکرد اندام هوایی در بوته در کودهای آلی مختلف مشابه بود، به طوری که در تمامی کودهای آلی مورد مطالعه با کاهش تراکم تا سطح ۵ و ۳ بوته در مترمربع، عملکرد اندام هوایی در بوته ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (جدول ۴). به نظر می رسد که با کاهش تعداد بوته در مترمربع، احتمالاً عناصر غذایی موجود در کودهای آلی به طور مطلوب تر و مقدار مناسب در اختیار گیاه قرار گرفت، در نتیجه با کاهش تراکم گیاهی اثر مثبت کودهای آلی بر خصوصیات رشدی گیاه به طور بارزتری نمایان شد. برخی محققین (Liang et al., 2005) اثر کودهای آلی و شیمیایی را بر عملکرد و درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل تراکم‌های مختلف و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های کمی و عملکرد گاو زبان ایرانی

Table 4. Mean comparison for interaction effects of different densities and organic and chemical fertilizers application on some quantitative characteristics and yield of *Echium amoenum*

	Shoot yield per plant (g.plant ⁻¹)	Plant height (cm)	Flower number per plant	Dry flower yield (kg.ha ⁻¹)
Density of 3 plants per m ²				
Compost	151.00ef*	99.00ab	2268.1ed	3914.4ab
Vermicompost	96.12h	86.33a-c	2594.9b-d	4340.7a
Cow manure	126.33f-h	90.00a-c	3348.3b	2996.6bc
Chemical fertilizer	170.98de	101.66a	2489.8cd	4392.1a
Control	210.01c	78.00c	2528.9b-d	4219.3a
Density of 5 plants per m ²				
Compost	312.15a	101.33a	2178.3	3654.0ab
Vermicompost	262.27b	96.00ab	2535.7b-d	4242.9a
Cow manure	217.65c	98.66ab	4177.7a	3580.2ab
Chemical fertilizer	207.19c	82.33bc	2576.3b-d	2354.4c
Control	161.14de	77.66c	2650.4b-d	2142.7c
Density of 10 plants per m ²				
Compost	116.84gh	100.00a	1844.6de	2504.4c
Vermicompost	105.58h	90.00a-c	3123.7bc	2117.3c
Cow manure	188.40cd	98.66ab	1871.6de	3818.6ab
Chemical fertilizer	143.30e-g	86.00a-c	1640.9e	913.8d
Control	61.28i	82.66bc	1524.6e	1183.4d

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range.

اثر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع بوته

اگر چه اثر تراکم‌های مختلف بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود، ولی ارتفاع بوته تحت‌تأثیر کودهای آلی و شیمیایی مختلف قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری‌که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه منجر به افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شدند و کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی ارتفاع بوته را به‌ترتیب ۲۱، ۱۲ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند، ضمن اینکه ارتفاع بوته در کود شیمیایی نیز ۱۲ درصد بیشتر از شاهد بود. به‌نظر می‌رسد که با کاهش تراکم گیاهی، دسترسی گیاه به عوامل محیطی نظیر نور، آب و مواد غذایی بیشتر شد و در نتیجه خصوصیات رشدی گیاه از جمله ارتفاع آن بهبود یافت. تمامی کودهای آلی مورد مطالعه از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته نسبت به کود شیمیایی دارای برتری بودند، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در نتیجه کاربرد کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب ۱۰، ۱ و ۶ درصد در مقایسه با کود شیمیایی افزایش یافت.

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در تمامی تراکم‌های مورد مطالعه، کودهای آلی منجر به افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شدند، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در کودهای کمپوست،

ورمی‌کمپوست و گاوی به‌ترتیب ۲۱، ۱۰ و ۱۳ درصد در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع، به‌ترتیب ۲۳، ۱۹ و ۲۱ درصد در تراکم ۵ بوته در مترمربع و به‌ترتیب ۱۷، ۸ و ۱۶ درصد در تراکم ۳ بوته در مترمربع نسبت به شاهد افزایش یافت، ضمن اینکه کود شیمیایی نیز در تراکم‌های ۱۰، ۵ و ۳ بوته در مترمربع عملکرد دانه را به‌ترتیب ۲۳، ۶ و ۴ درصد افزایش داد. اثرات مثبت کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مختلف در آزمایشات متعددی (D'Hose *et al.*, 2014; Lakhdar *et al.*, 2011) مورد تأکید قرار گرفته است. به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی احتمالاً از طریق افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک (Arancon *et al.*, 2004) و بهبود خواص فیزیکی‌شیمیایی و بیولوژیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی (Arancon *et al.*, 2005) و رهاسازی تدریجی عناصر غذایی، باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه و از جمله ارتفاع آن شدند. از نظر فیزیولوژی، در شرایطی که آب و مواد غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار گیرد، آب تجمع یافته در سلول‌ها افزایش یافته و از طریق آماس به سلول‌های مجاور انتقال پیدا می‌کند و در نهایت منجر به افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. در پژوهشی، اثر کودهای آلی بر خصوصیات کمی

متفاوت بود، به طوری که کود گاوی در تراکم‌های ۱۰ و ۵ بوته در مترمربع و کود ورمی کمپوست در تراکم ۳ بوته در مترمربع از برتری قابل توجهی نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند، ضمن اینکه هر یک از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گاوی بهترین کارایی خود را در افزایش تعداد گل در بوته به ترتیب در تراکم‌های ۱۰، ۳ و ۵ بوته در مترمربع نشان دادند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کودهای آلی از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک (Padmavathamma *et al.*, 2008)، افزایش ظرفیت نگهداری آب (Shamsodin *et al.*, 2007) و فراهمی بیشتر عناصر غذایی (Motta & Maggiore, 2013)، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی شدند (Atiyeh *et al.*, 2002) که این مسئله در نهایت به افزایش گلدهی گیاه انجامید. در یک پژوهش اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف روی گیاه دارویی مرزه مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که ورمی کمپوست چه به تنهایی و چه در کاربرد همزمان با کودهای بیولوژیک نیتروکسین و نیتراژین منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد (Rezvani Moghaddam, 2013). 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 ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد گل، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و مقدار اسانس گیاه مورد نظر گردید (Darzi *et al.*, 2006). همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، کود شیمیایی در تمامی تراکم‌های مورد مطالعه اثر چندانی در افزایش تعداد گل در بوته نسبت به شاهد نداشت، ولی به نظر می‌رسد که در تراکم ۵ بوته در مترمربع نقش مؤثرتری در افزایش تعداد گل در بوته ایفا کرد، به طوری که کاربرد آن در تراکم ۵ بوته در مترمربع به ترتیب منجر به افزایش ۳ و ۳۶ درصدی تعداد گل در بوته در مقایسه با کاربرد این کود در تراکم‌های ۱۰ و ۳ بوته در مترمربع شد.

اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد گل خشک

عملکرد گل خشک به طور معنی داری تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار گرفت (جدول ۳)، به طوری که بیشترین

و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago ovate* Forsk.)، قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum* L.)، قدومه شهری (*Lepidium perfoliatum* L.) و تخم شربتی (*Lalementia iberica* L.) مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که تیمار کود گاوی منجر به تولید بیشترین ارتفاع بوته در مقایسه با سایر تیمارها شد، ضمن اینکه ارتفاع تمامی گیاهان مورد مطالعه در اثر کاربرد کودهای ورمی کمپوست، کمپوست قهوه و کمپوست قارچ نیز نسبت به شاهد بیشتر بود (Koocheki *et al.*, 2013).

اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد گل در بوته

تراکم گیاهی به طور معنی داری بر تعداد گل در بوته تأثیر داشت (جدول ۳)، به طوری که با افزایش تراکم گیاهی تا سطح ۵ بوته در مترمربع، تعداد گل در بوته افزایش یافت، در حالی که افزایش بیشتر تراکم گیاهی (تا سطح ۱۰ بوته در مترمربع) منجر به کاهش تعداد گل در بوته شد. بنابراین به نظر می‌رسد که تراکم متوسط گیاهی بیشترین نقش را در افزایش تعداد گل در بوته ایفا کرد. احتمالاً در سطوح پایین تراکم گیاهی به دلیل دسترسی بیش از حد گیاه به مواد غذایی و عوامل محیطی و عدم استفاده کارآمد از فضاهای خالی مزرعه و در سطوح بالای تراکم گیاهی به دلیل رقابت گیاه بر سر آب و مواد غذایی و کمبود عوامل محیطی، تعداد گل در بوته در مقایسه با تراکم متوسط گیاهی کاهش یافت. بین کودهای آلی و شیمیایی مختلف، از نظر تأثیر بر تعداد گل در بوته تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۳)، به طوری که کودهای ورمی کمپوست و گاوی، تعداد گل در بوته را به ترتیب ۱۹ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند، ضمن اینکه استفاده از این دو نوع کود آلی منجر به افزایش تعداد گل در بوته در مقایسه با کود شیمیایی نیز شد. به نظر می‌رسد که کودهای آلی احتمالاً از طریق تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه (Motta & Maggiore, 2013) منجر به افزایش تعداد گل در بوته شدند.

در بررسی برهمکنش اثرات تراکم گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی بر تعداد گل در بوته مشاهده شد که اثر کودهای آلی مورد مطالعه در تراکم‌های مختلف گیاهی

عملکرد دانه در تراکم گیاهی ۲۵ بوته در مترمربع حاصل گردید (Nabizadeh *et al.*, 2012). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر فاصله بین (۶۰، ۷۰ و ۸۰ سانتی‌متر) و روی (۲۵، ۳۵ و ۴۵ سانتی‌متر) ردیف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی مرزه (*Satureja khuzistanica*) گزارش شد که بیشترین عملکرد گل و قطر تاج پوشش در فاصله روی ردیف ۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد و تراکم ۶/۶۷ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد ماده خشک تولیدی را به خود اختصاص داد (Hekmati *et al.*, 2012). همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر کودهای آلی مورد مطالعه در تراکم‌های گیاهی مختلف متفاوت بود، به طوری که در تراکم‌های ۱۰ و ۵ بوته در مترمربع کود ورمی‌کمپوست و در تراکم ۳ بوته در مترمربع کود گاوی عملکرد گل خشک بیشتری را نسبت به سایر تیمارها سبب شد. احتمالاً ورمی‌کمپوست به دلیل قدرت بالای ذخیره رطوبت نقش مهمی در فراهمی آب مورد نیاز گیاه ایفا کرده (Shamsodin *et al.*, 2007) 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 (Motta & Maggiore, 2013)، عملکرد گل خشک را به میزان قابل توجهی افزایش داد. 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 (Sabahi *et al.*, 2010). در یک پژوهش اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار) بر خصوصیات کمی و کیفی بابونه آلمانی (*Matricaria chammomilla*) بررسی و مشاهده شد که بیشترین ارتفاع و عملکرد تر و خشک گل در هکتار با کاربرد ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد (Haj Seyyed Hadi *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر، اثر منابع کودی مختلف بر کمیت و کیفیت کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L. مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که کودهای گاوی و گوسفندی منجر به افزایش عملکرد میوه نسبت به شاهد شدند (Jahan *et al.*, 2013).

مقدار عملکرد گل (۳۹۷۲/۶ کیلوگرم در هکتار) در بالاترین تراکم گیاهی مشاهده شد و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع، عملکرد گل خشک را به ترتیب ۲۱ و ۴۷ درصد نسبت به تراکم‌های ۵ و ۳ بوته در مترمربع افزایش داد. اثر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد گل خشک معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه منجر به افزایش عملکرد گل خشک نسبت به تیمار شاهد شدند، به این ترتیب که عملکرد گل خشک در اثر تیمارهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به ترتیب ۲۵، ۲۸ و ۲۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. لازم به ذکر است که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه از عملکرد گل خشک بیشتری نسبت به کود شیمیایی برخوردار بودند و عملکرد گل خشک در کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به ترتیب ۲۴، ۲۷ و ۲۶ درصد نسبت به کود شیمیایی افزایش یافت.

اثر متقابل تراکم گیاهی و کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد گل خشک معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری که با کاهش تراکم گیاهی، کارایی کودهای آلی در افزایش عملکرد گل خشک تشدید شد، به این ترتیب که در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع، کودهای آلی اثر چندانی در افزایش عملکرد گل خشک نسبت به شاهد نداشتند، در حالی که در تراکم ۵ بوته در مترمربع کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی عملکرد گل خشک را به ترتیب ۴۱، ۴۹ و ۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند و در تراکم ۳ بوته در مترمربع نیز افزودن کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گاوی به خاک به ترتیب افزایش ۵۳، ۴۴ و ۶۹ درصدی عملکرد گل خشک را در مقایسه با شاهد به همراه داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که در تراکم‌های بالای گیاهی، رقابت درون گونه‌ای افزایش یافته و عوامل محیطی به ویژه تابش خورشیدی به اندازه کافی در اختیار گیاه قرار نگرفته (Ndabamenye *et al.*, 2013) که این موضوع منجر به کاهش عملکرد گل خشک شد. در یک پژوهش اثر تراکم‌های مختلف گیاهی (۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L. بررسی و گزارش شد که بیشترین

همبستگی صفات

عملکرد اندام هوایی در بوته به طور معنی داری با وزن تر و خشک گل در بوته، عملکرد دانه و طول ساقه فرعی همبستگی داشت، به طوری که افزایش عملکرد اندام هوایی در بوته منجر به بهبود صفات فوق الذکر گردید (جدول ۵). اگر چه همبستگی تعداد ساقه فرعی در بوته با اکثر صفات مورد مطالعه معنی دار بود، ولی همبستگی آن با وزن تر ($r = 0.55^{**}$) و خشک گل در بوته ($r = 0.56^{**}$) بیشتر از همبستگی این صفت با سایر صفات بود. ارتفاع بوته و طول ساقه فرعی بر روی اکثر صفات مورد مطالعه تأثیرگذار بودند، ولی قطر تاج پوشش با هیچ یک از صفات مورد مطالعه همبستگی معنی داری نشان نداد (جدول ۵).

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می شود، تعداد ساقه فرعی در بوته تنها صفتی بود که اثر معنی داری بر تعداد گل در بوته داشت و تعداد گل در بوته هایی بیشتر بود که از تعداد ساقه فرعی بیشتری برخوردار بودند. همبستگی وزن تر و خشک گل در بوته با تمامی صفات مورد مطالعه به جز تعداد گل در بوته و قطر تاج پوشش مثبت و معنی دار بود و عملکرد دانه نیز تحت تأثیر اکثر صفات فیزیومورولوژیک مورد مطالعه قرار گرفت، به طوری که بدون در نظر گرفتن صفات تعداد گل در بوته و قطر تاج پوشش، افزایش سایر صفات نقش مؤثری در بهبود عملکرد دانه ایفا کرد.

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در گاو زبان ایرانی تحت تأثیر تراکم های مختلف و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 5. Correlation coefficients between studied traits in *Echium amoenum* affected by different densities and application of organic and chemical fertilizers

Code	Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Dry flower yield	1									
2	Flower number per plant	0.30*	1								
3	Fresh flower weight per plant	0.40**	0.10	1							
4	Dry flower weight per plant	0.36*	-0.01	0.76**	1						
5	Seed yield	0.26	-0.12	0.67**	0.67**	1					
6	Shoot yield per plant	0.42**	0.16	0.59**	0.47**	0.34*	1				
7	Branch number per plant	0.31*	0.30*	0.55**	0.56**	0.35*	0.22	1			
8	Branch length	0.28*	0.09	0.42**	0.41**	0.42**	0.35*	0.22	1		
9	Plant height	0.35*	0.03	0.41**	0.38**	0.34*	0.22	0.22	0.53**	1	
10	Canopy diameter	-0.05	0.09	-0.10	0.06	-0.10	0.14	0.12	0.23	0.05	1

** و * به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

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

(Hobbs & Mahon, 1982). به نظر می رسد که وجود همبستگی ضعیف در برخی از صفات به تفاوت زمان اندازه گیری صفات مرتبط باشد، بدین ترتیب که به عنوان مثال صفات تعداد گل در بوته و وزن گل در بوته در طول مدت گلدهی اندازه گیری شدند، در حالی که صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی در بوته و قطر تاج پوشش پس از پایان دوره گلدهی مورد ارزیابی قرار گرفتند، در نتیجه برای تعیین دقیق سهم هر یک از صفات در بهبود عملکرد گل خشک گیاه، از تجزیه علیت استفاده گردید. اگر چه عملکرد اکثر گیاهان به ویژه گیاهان دارویی طی دهه های گذشته افزایش یافته است، ولی فرآیندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زمینه ساز این افزایش عملکرد به خوبی

همبستگی بین اکثر صفات مورفولوژیک مورد مطالعه و عملکرد گل خشک مثبت و معنی دار بود، که در این بین بالاترین همبستگی به ترتیب مربوط به صفات عملکرد اندام هوایی در بوته ($r = 0.42^{**}$)، وزن تر ($r = 0.40^{**}$) و خشک گل در بوته ($r = 0.36^{*}$) و ارتفاع بوته ($r = 0.35^{*}$) بود (جدول ۵). اثر تعداد ساقه فرعی در بوته، طول ساقه فرعی و تعداد گل در بوته نیز بر عملکرد گل خشک معنی دار بود، به طوری که با افزایش هر یک از آنها عملکرد گل خشک بهبود یافت (جدول ۵). عملکرد گل، ویژگی پیچیده ای است که تحت تأثیر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی قرار می گیرد و نمود قابل اندازه گیری این ویژگی، در صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تجلی می یابد

$$Y = 0.01104 + (0.32 \times X_6) + (0.27 \times X_3) + (0.24 \times X_9) \\ r = 0.55^*$$

که در آن:

Y = عملکرد گل خشک (کیلوگرم در هکتار)، X_6 = عملکرد اندام هوایی در بوته (گرم)، X_3 = ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، و X_9 = تعداد گل در بوته است.

ضرایب معادله مذکور، تأثیر نسبی تغییرات هر یک از متغیرهای موجود در مدل را بر عملکرد گل نشان می‌دهد. برای مثال، طبق ضرایب این معادله، تغییر عملکرد گل به ازای هر واحد تغییر عملکرد اندام هوایی در بوته، ۰/۳۲ واحد است، در حالی که این تغییر به ازای هر واحد افزایش یا کاهش ارتفاع بوته، ۰/۲۷ واحد خواهد بود. به بیان دیگر، سهم نسبی عملکرد اندام هوایی در بوته در مقایسه با ارتفاع بوته در حدود ۱۶ درصد بیشتر می‌باشد که به‌طور ضمنی بیانگر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک گاووزبان همچون تولید شاخه‌های جانبی فراوان و تشکیل گل در انتهای آن‌ها و در نهایت تأثیر این صفات بر عملکرد گل می‌باشد. البته جهت تفسیر بهتر این نتایج، باید به واحد اندازه‌گیری هر متغیر نیز توجه داشت، که به همین دلیل رگرسیون چندمتغیره روی داده‌های استاندارد شده صفات انجام گرفت. حال با توجه به تأثیر تیمارهای آزمایش (سطوح مختلف تراکم و انواع کود) موجود در مدل فوق، این امکان فراهم شد تا بر اساس میزان افزایش یا کاهش متغیرهای تحت‌تأثیر تیمارهای به‌کار رفته، پاسخ عملکرد گاووزبان را به صورت کمی ارزیابی نمود.

اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر

عملکرد گل خشک با استفاده از روش تجزیه علیت

پس از تعیین اصلی‌ترین صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گل خشک با استفاده از رگرسیون چندمتغیره، میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از این صفات با استفاده از روش تجزیه علیت برآورد گردید. نحوه تأثیرگذاری این صفات بر یکدیگر و بر عملکرد گل خشک در شکل ۱ نشان داده شده است.

در شکل ۱، به‌منظور محاسبه ضرایب اثرات مستقیم صفات مورفولوژیک بر یکدیگر و بر عملکرد گل خشک از

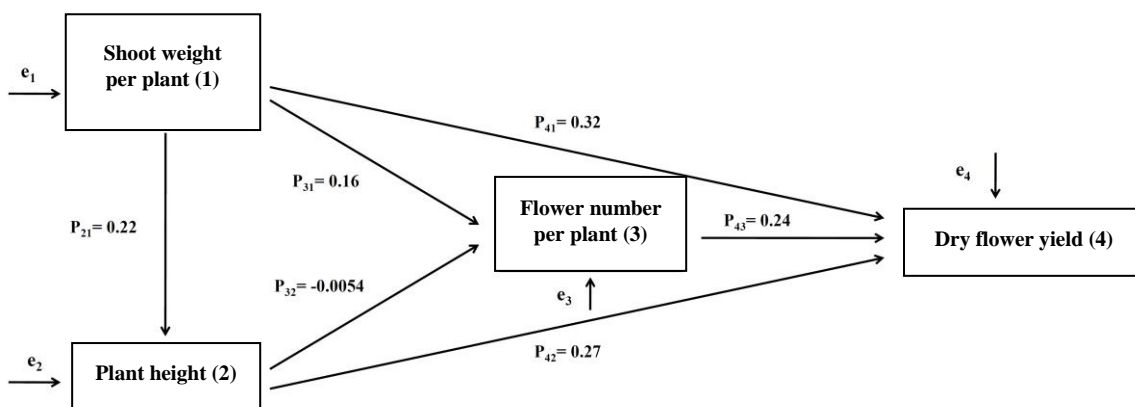
شناخته نشده‌اند (Tollenaar, 1991). برخی محققین به همبستگی مثبت صفات فیزیومورفولوژیک و عملکرد گیاهان دارویی پونه (*Mentha pulegium*)، نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) و آویشن (*Thymus vulgaris*) (Mirzaee Nadooshan et al., 2001; Kukreja et al., 1992) اشاره کرده‌اند. اگر منابع افزایش عملکرد گیاهان دارویی شناخته شوند، ممکن است بتوان راه‌هایی را برای بهبود پتانسیل عملکرد این گیاهان از طریق بهبود مدیریت زراعی و تغذیه‌ای مشخص نمود (Fraser & Eaton, 1983)، بنابراین در این پژوهش صفات فیزیومورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گاووزبان ایرانی با استفاده از روش‌های رگرسیون چندمتغیره و تجزیه علیت تعیین گردید.

تعیین صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گل خشک با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره

نتایج ارائه شده در جدول ۵ نشان داد که عملکرد گل خشک گاووزبان ایرانی با اغلب متغیرهای اندازه‌گیری شده در آزمایش، همبستگی داشت. بر این اساس، به‌منظور تحلیل عمیق‌تر رابطه بین عملکرد گل به‌عنوان متغیر تابع (Y) و صفات مؤثر بر آن (متغیرهای مستقل، X) از روش رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. به‌این منظور، ابتدا کلیه متغیرهای تحت بررسی شامل تعداد ساقه فرعی در بوته (X_1)، طول ساقه فرعی (X_2)، ارتفاع بوته (X_3)، قطر تاج پوشش (X_4)، عملکرد دانه (X_5)، عملکرد اندام هوایی در بوته (X_6)، وزن تر گل در بوته (X_7)، وزن خشک گل در بوته (X_8) و تعداد گل در بوته (X_9)، در مدل رگرسیون قرار گرفت. در اولین مرحله از اجرای رگرسیون، رابطه بین عملکرد گل (Y) و کلیه متغیرهای تحت‌بررسی (X_1, \dots, X_n) برآورد گردید. ضریب همبستگی این مدل $r = 0.62$ محاسبه شد. سپس، به‌منظور حذف متغیرهای دارای تأثیر جزئی بر عملکرد، از روش رگرسیون گام‌به‌گام حذف پس‌رونده استفاده گردید. نتایج رگرسیون نشان داد که در این تحقیق، متغیرهای ارتفاع بوته (X_3)، عملکرد اندام هوایی در بوته (X_6) و تعداد گل در بوته (X_9)، اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد گل خشک گاووزبان ایرانی بودند (رابطه ۱).

خشک
 $P_{41} = r_{14} - P_{42}r_{12} - P_{43}r_{13}$
 (۶) اثر مستقیم ارتفاع بوته بر عملکرد گل خشک
 $P_{42} = r_{24} - P_{41}r_{12} - P_{43}r_{23}$
 (۷) اثر مستقیم تعداد گل در بوته بر عملکرد گل خشک
 $P_{43} = r_{34} - P_{41}r_{13} - P_{42}r_{23}$
 نحوه محاسبه اثر غیرمستقیم هر یک از صفات مورفولوژیک و تجزیه ضرایب همبستگی بین این صفات و عملکرد گل خشک به اثر مستقیم و غیرمستقیم در جدول ۶ آورده شده است.

رابطه‌های ۲ تا ۷ استفاده گردید (Everitt & Dunn, 1991):
 (۲) اثر مستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته بر ارتفاع بوته
 $P_{21} = r_{12}$
 (۳) اثر مستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته بر تعداد گل در بوته
 $P_{31} = r_{13} - P_{32}r_{12}$
 (۴) اثر مستقیم ارتفاع بوته بر تعداد گل در بوته
 $P_{32} = r_{23} - P_{31}r_{12}$
 (۵) اثر مستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته بر عملکرد گل



شکل ۱. ضرایب مسیر نشان‌دهنده روابط بین عملکرد گل خشک و صفات مورفولوژیک گاوزبان ایرانی در شرایط کاربرد کودهای آلی و شیمیایی و تراکم‌های مختلف گیاهی (e نشان‌دهنده خطاهای غیر قابل اندازه‌گیری)

Figure 1. Path coefficients between dry flower yield and morphological characteristics of *Echium amoenum* in conditions of organic and chemical application and different plant densities (e represents an immeasurable errors)

خشک بود که از طریق تأثیر بر ارتفاع بوته منجر به افزایش عملکرد گل خشک شد. با افزایش عملکرد اندام هوایی در بوته، ارتفاع بوته نیز افزایش یافت و از سوی دیگر، نتایج نشان داد که افزایش ارتفاع بوته بهبود عملکرد گل خشک را به همراه داشت، بنابراین انتظار افزایش عملکرد گل خشک با افزایش عملکرد اندام هوایی در بوته منطقی به نظر می‌رسد. در یک پژوهش، صفات مؤثر بر عملکرد سرشاخه گلدار گیاه دارویی کافوری (*Camphorosma monspeliaca* L.) بررسی و گزارش شد که عملکرد اندام هوایی در بوته، یکی از صفاتی بود که با عملکرد سرشاخه گلدار همبستگی مثبت داشت، ضمن اینکه صفت تعداد پنجه که دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد سرشاخه گلدار بود، به‌طور غیرمستقیم نیز از طریق ارتفاع بوته عملکرد را تحت‌تأثیر قرار داد (Abbaszadeh et al., 2012).

بر اساس نتایج جدول ۶، اثر مستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته بر عملکرد گل خشک نسبت به اثر مستقیم ارتفاع بوته و تعداد گل در بوته بیشتر بود و ارتفاع بوته نیز از اثر مستقیم بیشتری بر عملکرد گل خشک نسبت به تعداد گل در بوته برخوردار بود. عملکرد اندام هوایی در بوته از سه طریق به‌طور غیرمستقیم عملکرد گل خشک را تحت‌تأثیر قرار داد: الف) اثر غیرمستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته از طریق ارتفاع بوته ب) اثر غیرمستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته از طریق تعداد گل در بوته ج) اثر غیرمستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته از طریق ارتفاع و تعداد گل در بوته با توجه به نتایج جدول ۶، عملکرد اندام هوایی در بوته زمانی دارای بیشترین اثر غیرمستقیم بر عملکرد گل

جدول ۶. تجزیه ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گل خشک به اثر مستقیم و غیرمستقیم

Table 6. Analysis of correlation coefficients of morphological characteristics affecting dry flower yield of *Echium amoenum* to direct and indirect effect

Direct effect	
Shoot yield per plant (P41)	0.32
Plant height (P42)	0.27
Flower number per plant (P43)	0.24
Indirect effect of shoot per plant via	
Plant height (P21×P42)	0.0594
Flower number per plant (P31×P43)	0.0384
Height and Flower number per plant (P21×P32×P43)	0.0002
Indirect effect of Plant height via	
Flower number per plant (P32×P43)	0.0012
Total direct and indirect effects of shoot yield per plant $P_{41} + [(P_{21} \times P_{42}) + (P_{31} \times P_{43}) + (P_{21} \times P_{32} \times P_{43})]$	0.418
Total direct and indirect effects of plant height $P_{42} + (P_{32} \times P_{43})$	0.271
Residual effects (error)	0.07

مورد، گل) را به جزء دیگری منتقل کند و بنابراین تحلیل مسیر انجام شده کاملاً با اصول فیزیولوژی گیاهی همخوانی دارد.

مقایسه صفات مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد گل خشک نشان داد که عملکرد اندام هوایی در بوته بیشتر از سایر صفات، عملکرد گل خشک را تحت تأثیر قرار داد، به طوری که مجموع اثر مستقیم و غیرمستقیم عملکرد اندام هوایی در بوته نسبت به اثر سایر صفات مؤثر بر عملکرد گل خشک بیشتر بود (جدول ۶)، بنابراین به نظر می‌رسد برنامه‌ریزی جهت اعمال تیمارهایی که افزایش عملکرد اندام هوایی در بوته را به همراه داشته باشد، منجر به بهبود عملکرد گاو زبان ایرانی شود. نتایج یک پژوهش در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نشان داد که بین صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد اندام هوایی و عملکرد دانه همبستگی مثبت وجود داشت (Amirian *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر، صفات عملکرد اندام هوایی، ارتفاع و تعداد دانه در بوته به‌عنوان تأثیرگذارترین صفات مؤثر بر عملکرد گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) شناخته شدند (Singh *et al.*, 2012). برخی دیگر از محققین گزارش کردند که عملکرد اندام هوایی به‌ویژه وزن خشک چتر و وزن هزار دانه گیاه دارویی گشنیز، مهمترین خصوصیات مؤثر بر عملکرد این گیاه بودند (Dyulgerov & Dyulgerova, 2013).

عملکرد اندام هوایی در بوته از طریق تعداد گل در بوته نیز بر عملکرد گل خشک تأثیر داشت (۰/۰۳۸۴= $P_{31} \times P_{43}$)، ولی زمانی که اثر غیرمستقیم آن از طریق ارتفاع و تعداد گل در بوته بر عملکرد گل خشک به‌طور همزمان محاسبه شد، این اثر چندان قابل توجه نبود (۰/۰۰۰۲= $P_{21} \times P_{32} \times P_{43}$).

ارتفاع بوته به‌طور غیرمستقیم از طریق تعداد گل در بوته بر عملکرد گل خشک تأثیر داشت، به‌این ترتیب که افزایش ارتفاع بوته، افزایش تعداد گل در بوته را به همراه داشت و افزایش تعداد گل در بوته نیز به نوبه خود منجر به افزایش عملکرد گل خشک شد، البته با توجه به نتایج جدول ۶ به نظر می‌رسد که اثر مستقیم ارتفاع بوته بر عملکرد گل خشک (۰/۲۶= P_{42}) بیشتر از اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد گل در بوته (۰/۰۱۲= $P_{32} \times P_{43}$) بود. در یک پژوهش، بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی مؤثر بر عملکرد گیاه دارویی پونه نشان داد که بهبود صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه فرعی در بوته منجر به افزایش عملکرد سرشاخه گلدار گیاه شد (Abbaszade *et al.*, 2011).

نتایج تجزیه علیت حاکی از آن بود که تعداد گل در بوته تنها به‌صورت مستقیم بر عملکرد گل خشک تأثیر داشت، به طوری که با افزایش تعداد گل در بوته، عملکرد گل خشک افزایش یافت. از دیدگاه فیزیولوژی، تعداد گل در گیاهانی چون گل گاو زبان، آخرین جزء عملکرد بوده و نمی‌تواند نوسانات عملکردی (در این

بوته و ۳- ارتفاع و سپس تعداد گل در بوته) به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد گل خشک تأثیر داشت. همانطور که در شکل آنالیز مسیر مشاهده شد، احتمال اینکه عملکرد اندام هوایی در بوته، به‌واسطه افزایش ارتفاع بوته، منجر به افزایش تعداد گل در بوته شده و از این طریق افزایش عملکرد گل خشک را سبب شود، بسیار ضعیف است ($P21 \times P32 \times P43 = 0.002$)، در حالی که به نظر می‌رسد عملکرد اندام هوایی در بوته از طریق ارتفاع بوته، عملکرد گل خشک را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری که با افزایش عملکرد اندام هوایی در بوته، ارتفاع بوته افزایش یافت و افزایش ارتفاع بوته نیز به نوبه خود منجر به بهبود عملکرد گل خشک گیاه شد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که به‌نظر می‌رسد که با استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگار و مدیریت‌های زراعی همچون کشت محصول در تراکم بهینه، می‌توان از طریق بهبود برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، ضمن حصول عملکردی برابر با سیستم‌های رایج، به سایر مزایای حاصل از کاربرد این نهاده‌ها، همچون تولید سالم و عاری از بقایای شیمیایی گیاه دارویی گاو زبان ایرانی دست یافت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که بین عملکرد گل خشک و تمامی صفات مورفولوژیک مورد مطالعه به جز عملکرد دانه و قطر تاج پوشش همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت، ولی میزان ضریب همبستگی عملکرد گل خشک و صفات عملکرد اندام هوایی در بوته ($r=0/42^{**}$)، وزن تر ($r=0/40^{**}$) و خشک گل در بوته ($r=0/36^{**}$) و ارتفاع بوته ($r=0/35^{**}$) بیشتر از ضریب همبستگی سایر صفات بود. با توجه به نتایج رگرسیون چندمتغیره، عملکرد اندام هوایی در بوته، ارتفاع بوته و تعداد گل در بوته به‌عنوان اصلی‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد گل خشک شناخته شدند، که البته سهم نسبی ارتفاع بوته در مقایسه با عملکرد اندام هوایی و تعداد گل در بوته به ترتیب ۱۶ و ۲۵ درصد بیشتر بود. پس از بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مورفولوژیک بر عملکرد گل خشک مشخص شد که عملکرد اندام هوایی در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد گل خشک بود، ضمن اینکه این صفت از سه مسیر (۱- ارتفاع بوته، ۲- تعداد گل در

REFERENCES

1. Abbaszadeh, B., Rezaee, M. B. & Paknejad, F. (2011). Evaluation relationship between essential oil yield and some agriculture characters by using of path analysis of two ecotypes of *Mentha longifolia* (L.) Huds. Var. *amphilema* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27, 36-46. (in Farsi)
2. Abbaszadeh, B., Assareh, M.H., Ardakani, M.R., Paknejad, F., Layegh Haghighi, M. & Meshkizadeh, S. (2012). Sequential path analysis of effective characters on shoot yield and essential oil percentage of *Camphorosma monspeliaca* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28, 523-533. (in Farsi)
3. Akhiani, A., Darzi, M. T. & 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.
4. Amirian, S., Golparvar, A. R. & Nassiri, B. M. (2013). Character association, regression and path analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3, 3640-3643.
5. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. & Metzger, J. D. (2004). Influence of vermicompost on field strawberries. *Bioresource Technology*, 93, 145-153.
6. Arancon, N. Q., Galvis, P. A. & Edwards, A. (2005). Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology*, 96, 1137-1142.
7. Atiyeh, R.M., Lee, S.S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q. & Metzger, J. (2002). The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth. *Bioresource Technology*, 84, 7-14.
8. Azeez, J. O., Van Averbek, W. & Okorogbona, A. O. M. (2010). Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. *Bioresource Technology*, 101, 2499-2505.
9. Chauhan, B. S. & Abugho, S. B. (2013). Effects of water regime, nitrogen fertilization, and rice plant density on growth and reproduction of lowland weed *Echinochloa crus-galli*. *Crop Protection*, 54, 142-147.
10. Darzi, M. T., Ghalavand, A., Rejali, F. & Sefidkon, F. (2006). Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22, 278-292. (in Farsi)

11. Delate, K. (2000). *Heenah mahyah student from herb trail*. Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Iowa State University. Ames, IA.
12. D'Hose, T., Cougnon, M., De Vlieghe, A., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W., Van Bockstaele, E. & 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.
13. Doan, T.T., Ngo, P.T., Rumpel, C., Nguyen, B.V. & Jouquet, P. (2013). Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. *Scientia Horticulturae*, 160, 148-154.
14. Dyulgerov, N. & Dyulgerova, B. (2013). Correlation and path coefficient analysis of productivity elements in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Central European Agriculture*, 14, 1512-1517.
15. Everitt, B.S. & Dunn, G. (1991). *Applied multivariate data analysis*. Second edition, WILEY Publication.
16. Fraser, J. & Eaton, G. W. (1983). Applications of yield component analysis to crop research. *Field Crop Abstract*, 36, 787-797.
17. Guler, M., Sait Adak, M. & Ulukan, H. (2001). Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 14, 161-166.
18. Haj Seyyed Hadi, M. R., Darzi, M. T., Riazi, Gh. H. & 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 Farsi)
19. Hekmati, M., Hadian, J. & 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.
20. Hobbs, S.L.A. & Mahon, J.D. (1982). Variation, heritability, and relationship to yield of physiological characters in peas. *Crop Science*, 22, 773-779.
21. Ibrahim, H. M. (2012). Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia*, 4, 175-182.
22. Jahan, M., Amiri, M. B., Aghhavani Shajari, M. & Tahami, M. K. (2013). Quantity and quality of *cucurbita pepo* L. as affected by winter cover crops (*Lathyrus sativus* and *Trifolium resopinatum*), PGPRs and organic manures. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11, 337-357.
23. Kerlinger, F. N. & Pedhazur, E. J. (1973). *Multiple regression in behavioral research*. Holt, Rinehart and Winston, Inc, NewYork.
24. Koocheki, A., Amirmoradi, Sh., Shabahang, J. & Kalantari Khandani, S. (2013). Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* Forssk., *Alyssum homolocarpum* L., *Lepidium perfoilatatum* L., and *Lalementia iberica* L. *Iranian Journal of Agroecology*, 5, 16-26. (in Farsi)
25. Kukreja, A. K., Dhawan, O. P., Ahuja, P. S., Sharma, S. & Mathur, A. K. (1992). Genetic improvement of mints: On the quantitative traits of essential oil of in vitro derived clons of Japanese mint (*Mentha arvensis* var *piperaascens* Holmes). *Journal of Essential Oil Research*, 4, 623-629.
26. Kumar, A. S., Prasad, T. N. & Prasad, U. K. (1996). Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield/oil content, nitrogen uptake and water-use of summer sesame (*Sesamum indicum*). *Indian Journal of Agronomy*, 41, 111-115.
27. Lakhdar, A., Falleh, H., Ouni, Y., Oueslati, S., Debez, A., Ksouri, R. & 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.
28. Lee, J. (2010). Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Horticulturae*, 124, 299-305.
29. Liang, Y., Si, J., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W. & Jiang, Y. (2005). Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1185-1195.
30. Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He, Z. & Schmidt-Rohr, K. (2008). Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. *Geoderma*, 146, 353-362.
31. Mehrabani, M., Ghassemi, N., Sajjadi, S. E., Ghannadi, A. & 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. (in Farsi)
32. Mesdaghi, M. (2011). *Statistical and regression methods*. Emam Reza university of Mashhad publications. (in Farsi)
33. Mir, B., Ghanbari, A., Ravan, S. & 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.

34. Mirzaee Nadooshan, H., Rezaee, M. B. & Jaimand, K. (2001). Path analysis of essential oil-related characters in *Mentha* spp. *Flavour and Fragrance Journal*, 16, 340-343.
35. Motta, S. R. & 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.
36. Nabizadeh, E., Habibi, H. & 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.
37. 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 Farsi)
38. Ndabamenye, T., Van Asten, P. J. A., Blomme, G., Vanlauwe, B., Swennen, R., Annandale, J. G. & 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.
39. Nooriyan Soroor, E., Rouzbehan, Y. & 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.
40. Omidi Tabrizi, A. H. (2003). Correlation between traits and path analysis for grain and oil yield in spring safflower. *Iranian Journal of Seed and Plant Research*, 18, 229-240. (in Farsi)
41. Padmavathiamma, P. K., Li, L. Y. & Kumari, U. R. (2008). An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. *Bioresource Technology*, 99, 1672-1681.
42. Raja Sekar, K. & 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.
43. Rezaee, M. & 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 Farsi)
44. Rezaei, A. & Soltani, A. (2008). *An introduction to applied regression analysis*. Publication Center of Isfahan University. (in Farsi)
45. Rezvani Moghaddam, P., Aminghafuri, A., Bakhshae, S. & Jafari, L. (2013). Evaluation of effect of biofertilizer and organic fertilizer on some quantitative characteristics and amount of oil of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Agroecology*, 5, 105-112.
46. Robin, A., Szmidt, R. A. K. & Dickson, W. (2001). *Use of compost in agriculture, Frequently Asked Questions (FAQs)*. Remade Scotland., pp, 324- 336.
47. Sabahi, H., Takafooyan, J., Mahdavi Damghani, A. M. & 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. *Iranian Journal of Agroecology*, 2, 287-291. (in Farsi)
48. Sayyah, M., Boostani, H., Pakseresht, S. & 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.
49. Shamsodin, S. M., Maghsudi, K., Farahbakhsh, H. & Naseralavi, M. (2007). Compost and control of soil erosion. *2nd National Congress of Ecological Agriculture*, 25-26 October, Iran, Gorgan. (in Farsi)
50. Singh, J. S., Pandey, V. C. & Singh, D.P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140, 339-353.
51. Singh, B., Singh, G. & Pandey, V. P. (2012). Path analysis for seed yield and its component characters in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *New Agriculturist*, 23, 185-187.
52. Tahami Zarandi, S. M. K., Rezvani Moghaddam, P. & Jahan, M. (2010). Comparison of effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Agroecology*, 2, 63-74. (in Farsi)
53. Toebe, M. & Filho, A. C. (2013). Multicollinearity in path analysis of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Cereal Science*, 57, 453-462.
54. Tollenaar, M. (1991). Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Science*, 31, 119-124.
55. 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.
56. Zhang, Sh., Liao, X., Zhang, Ch. & Xu, H. (2012). Influences of plant density on the seed yield and oil content of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Industrial Crops and Products*, 40, 27-32.

Study the morphological characteristics affecting yield of *Echium amoenum* under different organic and chemical fertilizers and plant densities

Mohammad Beza Amiri¹, Parviz Rezvani Moghaddam^{2*} and Mohsen Jahan³

1, 2, 3. Former Ph.D. Student, Ferdowsi University of Mashhad (Assistant Professor of Gonabad University), Professor and Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(Received: Mar. 15, 2014 - Accepted: Nov. 1, 2014)

ABSTRACT

In order to study the morphological characteristics affecting yield of *Echium amoenum* under different nutritional treatments and different plant densities, a factorial experiment based on RCBD design with three replications was conducted at Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran in 2011-2013 growing seasons. The experimental treatments were all combination of three plant densities (10, 5 and 3 plant.m⁻²) and five different types of organic and chemical fertilizers (compost, vermicompost, cow manure, chemical fertilizer and control). Results showed that organic fertilizers increased flower yield compared to control treatment. The flower yield of compost, vermicompost and cow manure treatments were 25, 28, and 27 percent more than control, respectively. Results of multivariate regression showed that variables of plant height, shoot dry weight, and number of flower per plant were the main factors affecting yield of flower; meanwhile, the relative contribution of shoot dry weight was approximately 16 and 25 percent more than plant height and number of flowers per plant, respectively. Based on the results of path analysis, shoot dry weight per plant had indirect effect on yield flower in different ways, but most of its indirect effect was imposed through plant height on the yield flower.

Keywords: compost, multivariate regression, optimal density, path analysis, plant height.