



دانشگاه گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و دوم، شماره چهارم، ۱۳۹۴

<http://jopp.gau.ac.ir>

اثر سطوح کود دامی و وزن غده بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس زیره سیاه (*Bunium persicum* Bioss.)

* سرور خرم‌دل^۱، پرویز رضوانی‌مقدم^۲، قربانعلی اسدی^۳،

سیدمحمد سیدی^۴ و هما عزیزی^۴

^۱ استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۲ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۳ دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۱

چکیده

مقدمه: زیره سیاه (*Bunium persicum* Bioss.) یکی از گیاهان مهم معطر و دارویی تیره چتریان است که ریشه‌های زیرزمینی مقاومی دارد. این گیاه بومی منطقه مدیترانه به‌ویژه ایران است. زیره سیاه در کوه‌های بخش‌های شرقی و مرکزی ایران، غرب افغانستان و پاکستان و شمال غربی هندوستان و ترکمنستان یافت می‌شود. این گیاه به صورت جنسی با بذر و یا از طریق نشاکاری ریشه‌های غده‌ای تکثیر می‌شود. این گیاه بعد از ۲-۳ سال از مرحله رشد رویشی وارد مرحله زایشی شده و سپس بذر تشکیل می‌شود. بذرها از زیره سیاه با هدف دارویی و مصرف ادویه‌ای برداشت می‌شوند (۲۱). خاک زیستگاه طبیعی برای ریزجانداران است که نقش مهمی در فرآیندهای خاک ایفاء نموده و تعیین کننده بهره‌وری گیاهی هستند. حاصلخیزی خاک می‌تواند تحت تأثیر مصرف کودهای آلی و غیرآلی حفظ شود و افزایش یابد. اثرات مثبت کود دامی در عملکرد گیاهی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در بسیاری از مطالعات به تأیید رسیده است. کود دامی یک ماده متخلخل با سطح زیاد است که به‌طور معنی‌داری محتوی رطوبتی و پویایی عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کود دامی به دلیل سطح بسیار زیاد و تراکم زیاد، ظرفیت بالایی در جذب کاتیون دارد (۲۷).

*مسئول مکاتبه: khorrandel@um.ac.ir

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۲)، شماره (۴) ۱۳۹۴

مواد و روش‌ها: این آزمایش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کود دامی و وزن غده بر خصوصیات رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و اسانس گیاه دارویی زیره سیاه، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۱ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح کود دامی از نوع گاوی (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) و سه وزن غده (کمتر از ۲، ۲ تا ۴ و بیشتر از ۴ گرم) بودند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، قطر تاج، تعداد چتر، تعداد چترک، وزن هزار دانه، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، محتوی اسانس و عملکرد اسانس زیره سیاه بودند. به منظور آنالیز داده‌ها، تجزیه واریانس (آنوا) انجام شد و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) با نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که اثر ساده میزان مصرف کود دامی و وزن غده به طور معنی‌داری اجزای عملکرد، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و محتوی اسانس دانه زیره سیاه را تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل میزان مصرف کود دامی و وزن غده بر ارتفاع بوته، قطر تاج گیاه و عملکرد اسانس معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه با ۱۶۴/۲۰ گرم بر مترمربع متعلق به بالاترین میزان مصرف کود دامی بود. با افزایش وزن غده از کمتر از دو گرم به بیش از چهار گرم، عملکرد دانه زیره سیاه ۲۷ درصد بهبود یافت. بالاترین عملکرد اسانس مربوط به ۴۰ تن کود دامی و وزن غده بیش از چهار گرم با ۱۴/۲۵ گرم بر مترمربع بود.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف کود دامی و کاشت غده‌های درشت‌تر موجب بهبود رشد و عملکرد زیره سیاه گردید.

واژه‌های کلیدی: اسانس، عملکرد دانه، قطر تاج، کود گاوی، گیاه دارویی

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تولید محصولات کشاورزی عمدتاً متکی بر مصرف نهاده‌های شیمیایی به‌منظور بهبود عملکرد می‌باشد که این امر علاوه بر بروز مشکلات و آلودگی‌های زیست‌محیطی، تهدیدی جدی برای دستیابی به تولید پایدار محسوب می‌شود (۱۶). بنابراین، در سال‌های اخیر، به‌دلیل عوارض زیست‌محیطی گسترده ناشی از کاربرد وسیع مواد شیمیایی در بوم‌نظام‌های زراعی، تولید ارگانیک گیاهان دارویی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است (۲۵).

کشت ارگانیک گیاهان دارویی، احتمال اثرات منفی روی کمیت اسانس و عصاره این گیاهان را کاهش می‌دهد (۱۴). تقاضای روزافزون برای گیاهان دارویی موجب افزایش تمایل به تولید این فرآورده‌های گیاهی شده است (۷). یکی از گونه‌های مهم دارویی بومی کشور، زیره سیاه ایرانی (*Bunium persicum* Bioss.) می‌باشد.

زیره سیاه گیاهی علفی، کوچک و چندساله از تیره چتریان می‌باشد که رشد و استقرار اولیه آن نسبتاً آهسته می‌باشد (۱۱ و ۳۲). این گیاه به‌طور وحشی در استان سمنان، استان قزوین، استان هرمزگان، استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی، استان یزد، استان فارس، استان مرکزی و استان کرمان دیده می‌شود (۱۱). بذرها این گیاه به‌دلیل خواص دارویی و ادویه‌ای، دارای ارزش اقتصادی بالایی بوده و از طریق صادرات آن، سالانه مبلغ قابل توجهی ارز وارد کشور می‌شود (۲۱). با این وجود، در حال حاضر، تنها منبع تولید بذر زیره سیاه، رویشگاه‌های متعدد این گیاه می‌باشند (۲۱). بذر زیره سیاه دارای مقادیر قابل توجهی اسانس (نه درصد) است (۳) که در صنایع دارویی به‌عنوان ضدنفخ و بادشکن و در صنایع غذایی، بهداشتی و آرایشی استفاده‌های فراوان دارد (۳۲). مصرف این گیاه همچنین به‌عنوان اشتها آور، مدر، مقوی معده و افزاینده شیر توصیه شده است (۳).

بدین ترتیب، با توجه به تأثیر منفی انواع مواد شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی (۸)، به‌نظر می‌رسد که مناسب‌ترین راهکار برای بهبود وضعیت اقتصادی - زیست‌محیطی، بکارگیری مدیریت ارگانیک در تولید این گیاهان می‌باشد (۲۵). بررسی‌ها نشان داده است که بهره‌وری پایین گونه‌های گیاهی تیره چتریان عمدتاً تحت تأثیر تغذیه نامناسب، عملیات مدیریتی ضعیف کنترل علف‌های هرز و تراکم کم بوته است (۲۵).

اگرچه رشد و نمو گیاهان دارویی متأثر از عوامل ژنتیکی و محیطی است، ولی برای دستیابی به حداکثر عملکرد بایستی ترکیب مناسبی از این عوامل برای گیاه فراهم شود (۴۴). در بین عوامل زراعی

مؤثر بر عملکرد، مدیریت عناصر غذایی به دلیل بهبود رشد، می‌تواند نقش به‌سزایی بر افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی داشته باشد. کاربرد نهاده‌های آلی در خاک‌های کشاورزی، سبب بهبود ساختمان خاک، محتوی ماده آلی و حاصلخیزی خاک می‌شود (۱۷)؛ البته میزان تأثیر این مواد بر خصوصیات خاک و به تبع آن رشد گیاه، بسته به میزان مصرف نهاده آلی متغیر می‌باشد (۳۶). کودهای آلی همچنین سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری (۱۵) و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (۳۰) می‌گردند.

از جمله نهاده‌های آلی که مصرف آن در نظام‌های ارگانیک توصیه شده است، کود دامی پوسیده می‌باشد (۲۳). اگرچه پتانسیل بازگشت عناصر غذایی از کودهای دامی و سایر نهاده‌های آلی نسبتاً بالا است (۳۷)، ولی سرعت آزاد شدن نیتروژن و سایر عناصر غذایی از این کودها تدریجی و آهسته می‌باشد؛ به‌طوری‌که این مواد برای تجزیه شدن نیاز به گذشت زمان دارند (۲۷). سینگ و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که مصرف کودهای آلی سبب افزایش تولید محصول و اسانس نعناع (*Mentha arvensis* L.) گردید (۴۲). نتایج مطالعه کارلا (۲۰۰۳) نشان داد که کاربرد کودهای آلی در نظام ارگانیک در مقایسه با نظام رایج، بهبود ۸۴-۸۰ درصدی عملکرد را به دنبال داشت. در آزمایش دیگری ملاحظه گردید که کاربرد کود مرغی، تولید برگ و اسانس گونه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) را بهبود بخشید (۸). تیندال و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که مصرف کود شیمیایی میزان زیست توده و پارتنولید^۲ بابونه گاوی را به ترتیب ۲۳ و ۱۸ درصد کاهش داد؛ در حالی‌که در نظام ارگانیک، حتی در سطوح پایین کاربرد کود آلی نیز عملکرد زیست‌توده و اسانس بهبود یافت. بدین ترتیب، این محققان جهت بهبود رشد کمی و کیفی گیاهان دارویی و کاهش اثرات زیست محیطی، مصرف کودهای آلی را در نظام‌های تولید این گونه‌ها توصیه نمودند (۴۶). ایوبی و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند که مصرف کودهای دامی و ورمی‌کمپوست و مخلوط این دو نوع کود به‌طور معنی‌داری کلیه خصوصیات رشد و عملکرد اسانس نعناع فلفلی (*Mentha arvensis* L.) را تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که بالاترین عملکرد اسانس با ۲۴/۲۱ میلی‌لیتر در مترمربع برای ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (۲).

علاوه‌بر این، نتایج نیز نشان داده است که رشد اولیه گیاهان تیره چتریان از جمله زیره سیاه نسبتاً کند بوده (۳۲) که در نتیجه باعث کاهش قدرت رقابت آن‌ها در برابر علف‌های هرز می‌گردد (۱۱). از

۱- یکی از اجزای مهم عصاره بابونه گاوی با خاصیت درمانی ضد میگرنی

طرف دیگر، با توجه به رشد مناسب‌تر بوته‌ها در شرایط بهره‌گیری از عناصر غذایی (۸، ۱۹، ۴۵، ۴۶)، به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از میزان مطلوب عناصر غذایی می‌تواند به دلیل بهبود سرعت رشد و در نتیجه افزایش سریع‌تر و گسترده‌تری بیشتر تاج گیاهی، قدرت رقابتی این گونه‌ها در برابر علف‌های هرز را تا حدودی بهبود بخشد.

وزن غده، دیگر عامل مهم و مؤثر بر عملکرد دانه زیره سیاه محسوب می‌گردد (۴۳). از آن‌جا که غده‌ها به‌عنوان اندام ذخیره‌کننده ماده فتوسنتزی محسوب می‌شوند و کاشت این گیاه معمولاً با غده انجام می‌گیرد (۴۳)، به نظر می‌رسد که اندازه غده نیز می‌تواند سبب شدن، رشد رویشی و به تبع آن عملکرد این گیاه ارزشمند را تحت تأثیر قرار دهد. کاپیلا و همکاران (۱۹۹۷) گزارش نمودند که کاشت غده‌های بزرگتر منجر به حصول عملکرد بالاتر زیره سیاه شد. آن‌ها دلیل این امر را به تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر و تعداد دانه بیشتر و وزن بالاتر دانه‌ها تحت تأثیر رشد رویشی بهتر نسبت دادند (۱۸). نتایج مطالعات خسروی و رحیمیان (۲۰۰۵) نشان داد که با افزایش وزن غده زیره سیاه توانایی سبز شدن بهبود یافت و افزایش خصوصیات رویشی و اجزای عملکرد، عملکرد را بهبود بخشید (۲۲). فراوانی و رحیمیان (۱۹۹۸) گزارش نمودند که با افزایش وزن غده، ارتفاع و اجزای عملکرد زیره سیاه افزایش یافت که در نتیجه بهبود عملکرد در سال اول و دوم را به دنبال داشت (۹). مطالعه بهادر و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد اگرچه اثر وزن غده تنها بر ارتفاع بوته زیره سیاه معنی‌دار بود، ولی بیان داشتند که برای انتقال غده از خزانه به زمین اصلی از غده‌های با وزن بالاتر از دو گرم استفاده شود (۵).

بدین ترتیب، با توجه به اهمیت عوامل تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان دارویی و در نظر گرفتن پتانسیل‌های تولید این گونه بومی و ارزشمند به‌ویژه در منطقه خراسان، این مطالعه با هدف بررسی کاربرد سطوح مختلف کود دامی و وزن‌های غده بر خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زیره سیاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به صورت فاکتوریل

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۲)، شماره (۴) ۱۳۹۴

در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل پنج سطح کود دامی از نوع کود گاوی پوسیده (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار) و سه وزن غده زیره سیاه (کمتر از ۲، ۲ تا ۴ و بیشتر از ۴ گرم) بود.

به منظور انجام عملیات آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کاشت، از شخم و دیسک استفاده شد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شد (جدول ۱). خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده نیز قبل از شروع آزمایش اندازه‌گیری و تعیین شد (جدول ۱). سپس، مقادیر کود دامی به خاک اضافه شد و با لایه ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک به طور کامل مخلوط گردید و بعد از آن، زمین تسطیح شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک و کود دامی.

Table 1. Criteria of soil and cow manure fertilizers.

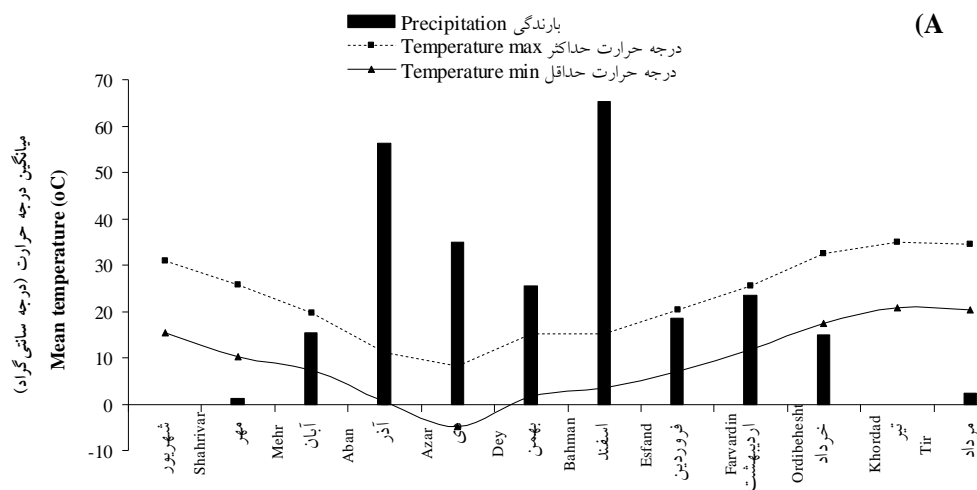
نام Name	بافت Texture	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	نیترژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس
						Available P (میلی‌گرم بر کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)	Available K
خاک Soil	سیلتی لوم Loam silty	0.093	7.01	1.11	0.16	4	112
کود دامی Cow manure	-	42.40	8.3	4.65	0.71	745	1253

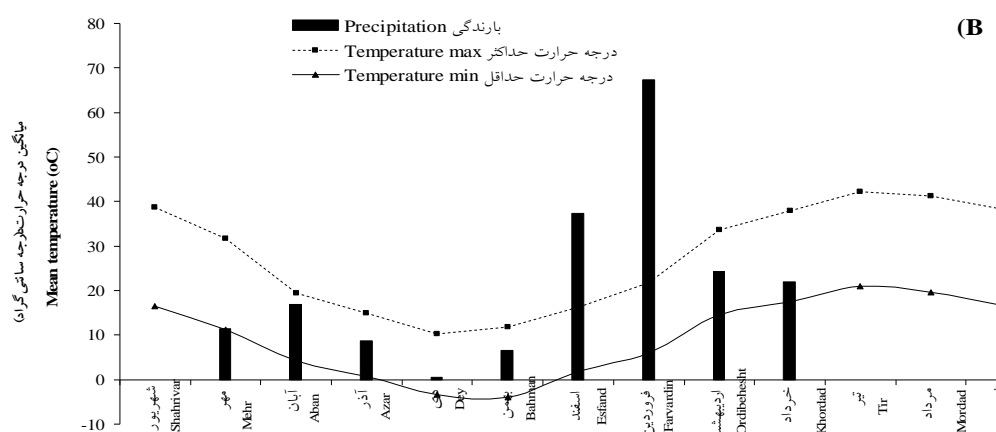
عملیات کاشت دستی غده‌های زیره سیاه (تهیه غده‌ها جهت کاشت از باغ گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفت) در چهار ردیف دو متری (با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر) در عمق ۱۵ سانتی‌متر و با تراکم ۲۰ غده در مترمربع (۱۱) در نیمه دوم شهریور ماه سال ۱۳۹۱ انجام شد. کنترل دستی علف‌های هرز در سه مرحله ظهور برگ واقعی، شاخه‌دهی و تشکیل چتر انجام شد. در پایان فصل رشد به منظور بررسی خصوصیات رشدی و عملکرد، صفات ارتفاع بوته، قطر تاج گیاه و اجزای عملکرد شامل تعداد چتر در شاخه جانبی، تعداد چترک در چتر و وزن هزار دانه اندازه‌گیری و ثبت شدند. تعیین عملکرد زیست‌توده و دانه پس از زرد شدن بوته‌ها و چترها با حذف اثرات حاشیه‌ای در نیمه دوم خرداد ماه هر دو سال انجام شد. در طول اجرای آزمایش به دلیل عدم مشاهده آفت و بیماری از هیچگونه سموم شیمیایی استفاده نشد.

جهت تعیین اسانس، مقدار ۱۰۰ گرم بذر از هر تیمار پس از آسیاب شدن با مش ۰/۱ با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب به مدت سه ساعت اسانس‌گیری شدند. مقدار اسانس حاصل پس از رطوبت‌زدایی با سولفات سدیم تعیین گردید. عملکرد اسانس، حاصل ضرب درصد اسانس در عملکرد بذر می‌باشد (۳۴). داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 به صورت مرکب تجزیه شدند.

نتایج و بحث

میانگین درجه حرارت حداقل و حداکثر و مجموع ماهیانه طی دوره کاشت تا برداشت گیاه دارویی زیره سیاه در شرایط آب و هوایی مشهد طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۳ در شکل ۱ نشان داده شده است.





شکل ۱- میانگین درجه حرارت حداکثر و حداقل و مجموع بارندگی طی دوره کاشت تا رسیدگی گیاه دارویی زیره سیاه در شرایط آب و هوایی مشهد طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۱.

Figure 1. Average temperatures of minimum and maximum and total precipitation from planting to maturity stages of black zira under Mashhad climatic conditions during growing seasons of 2012-2014.

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف کود دامی و وزن غده بر خصوصیات رشد، عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زیره سیاه در طی دو سال اجرای آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر ساده و متقابل میزان مصرف کود دامی و وزن غده بر ارتفاع بوته زیره سیاه معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته برای مصرف ۴۰ تن کود دامی و وزن غده بیش از چهار گرم با ۸۳/۸ سانتی‌متر مشاهده گردید. کمترین ارتفاع بوته مربوط به شاهد و وزن غده کمتر از دو گرم با ۲۷/۷ سانتی‌متر بود. با افزایش مصرف کود دامی از صفر به ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار، ارتفاع بوته به ترتیب ۲۴، ۵۵، ۸۵ و ۱۱۹ درصد افزایش یافت. میزان بهبود این صفت در شرایط افزایش وزن غده از کمتر از دو گرم به ۲ تا ۴ و بیش از چهار گرم نیز به ترتیب برابر با ۱۹ و ۴۰ درصد بود (شکل ۲-الف).

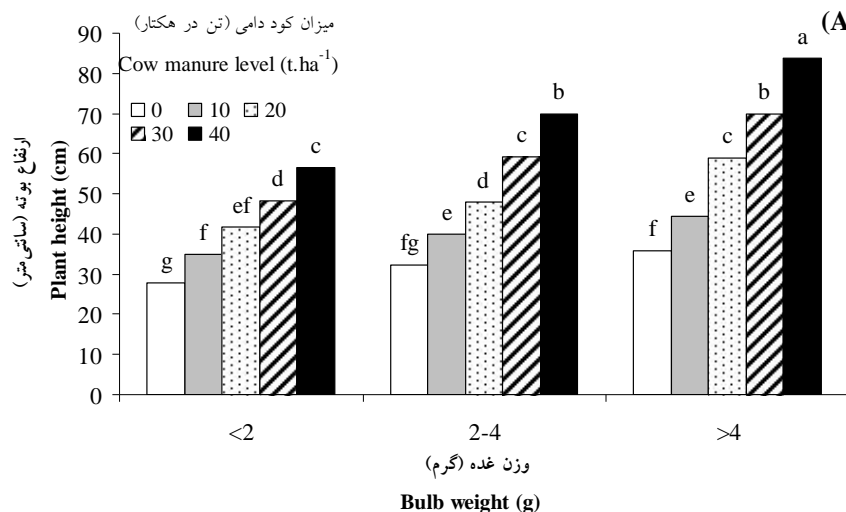
قطر تاج زیره سیاه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل سطوح کاربرد کود دامی و وزن غده قرار گرفت ($P \leq 0.01$) (جدول ۲). بالاترین و پایین‌ترین قطر تاج به ترتیب برای مصرف ۴۰ تن کود دامی و وزن غده بیش از چهار گرم (۵۱/۳ سانتی‌متر) و تیمار بدون مصرف کود دامی و وزن غده کمتر از دو گرم (۹ سانتی‌متر) به‌دست آمد.

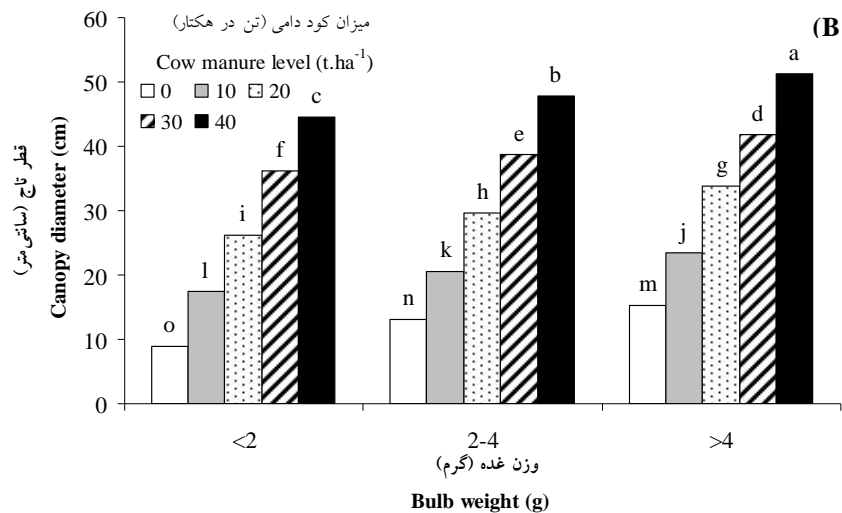
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطح کود دامی و وزن غده بر خصوصیات رشد، عملکرد کمی و کیفی زیوه سیاه طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۱
 Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for effects of cow manure levels and bulb weight on growth criteria and quantitative and qualitative yield of black zira during growing seasons of 2012-2014

عملکرد اساسی Essential oil yield	محتوی اساسی Essential oil content	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد چتر Umbel number	تعداد چتر Umbel number	قطر تاج Canopy diameter	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
752.44	25.81	13538.49	773715.60	15.66	348.10	52.90	5228.84	16643.41	1	سال (L) Year (L)
7.97	1.06	475.42	972.36	0.03	20.73	2.48	61.96	27.83	4	تکرار × Replication × L
325.66**	26.58**	49891.83**	39771.01**	0.94**	728.71**	226.73**	3579.82**	4113.99**	4	کود دامی (A) Cow manure (A)
67.46**	0.25**	8384.28**	46054.73**	0.21**	37.13**	0.89 ^{ns}	7.82**	253.80**	4	وزن غده (B) Bulb weight (B)
49.95**	11.38**	3795.67**	28716.92**	0.42**	305.23**	64.65**	316.90**	2108.44**	2	خطا Error
9.85**	0.0001 ^{ns}	678.03**	3407.51**	0.06**	14.63*	0.70 ^{ns}	11.41**	109.26**	2	
2.52**	0.02 ^{ns}	10.82 ^{ns}	28.80 ^{ns}	0.006 ^{ns}	1.12 ^{ns}	0.12 ^{ns}	11.53**	101.25**	8	
0.44 ^{ns}	0.10 ^{ns}	1.90 ^{ns}	89.91 ^{ns}	0.001 ^{ns}	2.33 ^{ns}	0.94 ^{ns}	0.68 ^{ns}	13.30*	8	
0.36	0.058	28.16	110.07	0.004	4.33	0.60	1.22	6.23	56	

* , ** and ns represent significant at 5 and 1% probability levels and non significant, respectively.
 * , ** and ns represent significant at 5 and 1% probability levels and non significant, respectively.

افزایش مصرف ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن کود دامی، قطر تاج گیاه را به ترتیب برابر با ۷۰، ۳۴، ۲۹، ۱۶ و ۱۵ درصد در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. قطر تاج گیاه با افزایش وزن غده از دو گرم به ۲ تا ۴ و بیش از چهار گرم به ترتیب ۱۲ و ۲۴ درصد افزایش یافت (شکل ۲-ب). به نظر می‌رسد مصرف کود دامی با بهبود قابلیت نگهداری آب در خاک، سرعت رشد گیاه (۶ و ۱۰) را بهبود بخشیده که این پدیده موجب افزایش خصوصیات رشد زیره سیاه شد. علاوه بر این، افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای بوته‌ها در شرایط کاشت غده‌های درشت‌تر، موجب بهبود جذب آب شده که در نهایت، افزایش رشد، ارتفاع بوته و قطر تاج گیاه را موجب گردید. امیرشکاری و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان داشتند که کاشت بنه‌های درشت‌تر زعفران (*Crocus sativus* L.)، از طریق ایجاد سیستم ریشه‌ای قوی‌تر موجب بهبود رشد گردید (۱). بدین ترتیب، با توجه به بهبود خصوصیات رشدی زیره سیاه از جمله ارتفاع و قطر تاج، به نظر می‌رسد وزن غده بتواند از طریق تأثیر بر شروع مرحله زایشی، عملکرد دانه را به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار دهد. فراوانی و رحیمیان (۱۹۹۸) بیان داشتند که کاشت غده‌های درشت زیره سیاه موجب افزایش ارتفاع گردید (۹). بهادر و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که اثر وزن غده بر ارتفاع بوته زیره سیاه معنی‌دار بود. آن‌ها دلیل افزایش ارتفاع را به افزایش درصد سبز شدن و سرعت ظهور بالاتر در شرایط کاشت غده‌های درشت‌تر نسبت دادند (۵). نتایج مطالعه سینگ و کیت (۱۹۹۱) نشان داد که ارتباط معنی‌دار و مثبتی بین ارتفاع بوته زیره سیاه با اندازه غده زیره سیاه وجود داشت (۴۱).





شکل ۲- اثر متقابل کود دامی و وزن غده بر (الف) ارتفاع بوته و (ب) قطر تاج زیره سیاه.

Figure 2. Interaction effect of cow manure and bulb weight on (A) plant height and (B) canopy diameter of black zira.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر مقادیر کود دامی و وزن غده بر اجزای عملکرد زیره سیاه.

Table 3. Mean comparisons for the effect of cow manure levels and bulb weight on yield components of black zira.

وزن هزار دانه (گرم)	تعداد چترک (تعداد در بوته)	تعداد چتر (تعداد در بوته)	میزان کود دامی (تن در هکتار)
1000-seed weight (g)	Umbelet No. (No.plant ⁻¹)	Umbel No. (No.plant ⁻¹)	Cow manure level (t.ha ⁻¹)
1.55 ^e	9.44 ^e	3.22 ^{e*}	0
1.75 ^d	11.39 ^d	5.00 ^d	10
1.92 ^c	14.44 ^c	6.92 ^c	20
2.01 ^b	18.50 ^b	9.03 ^b	30
2.14 ^a	25.39 ^a	12.33 ^a	40
وزن غده (گرم)	تعداد چترک (تعداد در بوته)	تعداد چتر (تعداد در بوته)	وزن غده (گرم)
1000-seed weight (g)	Umbelet No. (No.plant ⁻¹)	Umbel No. (No.plant ⁻¹)	Bulb weight (g)
1.76 ^c	12.70 ^c	5.87 ^c	>2
1.87 ^b	15.53 ^b	7.23 ^b	2-4
1.99 ^a	19.07 ^a	8.80 ^a	<4

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند ($p \leq 0.05$).

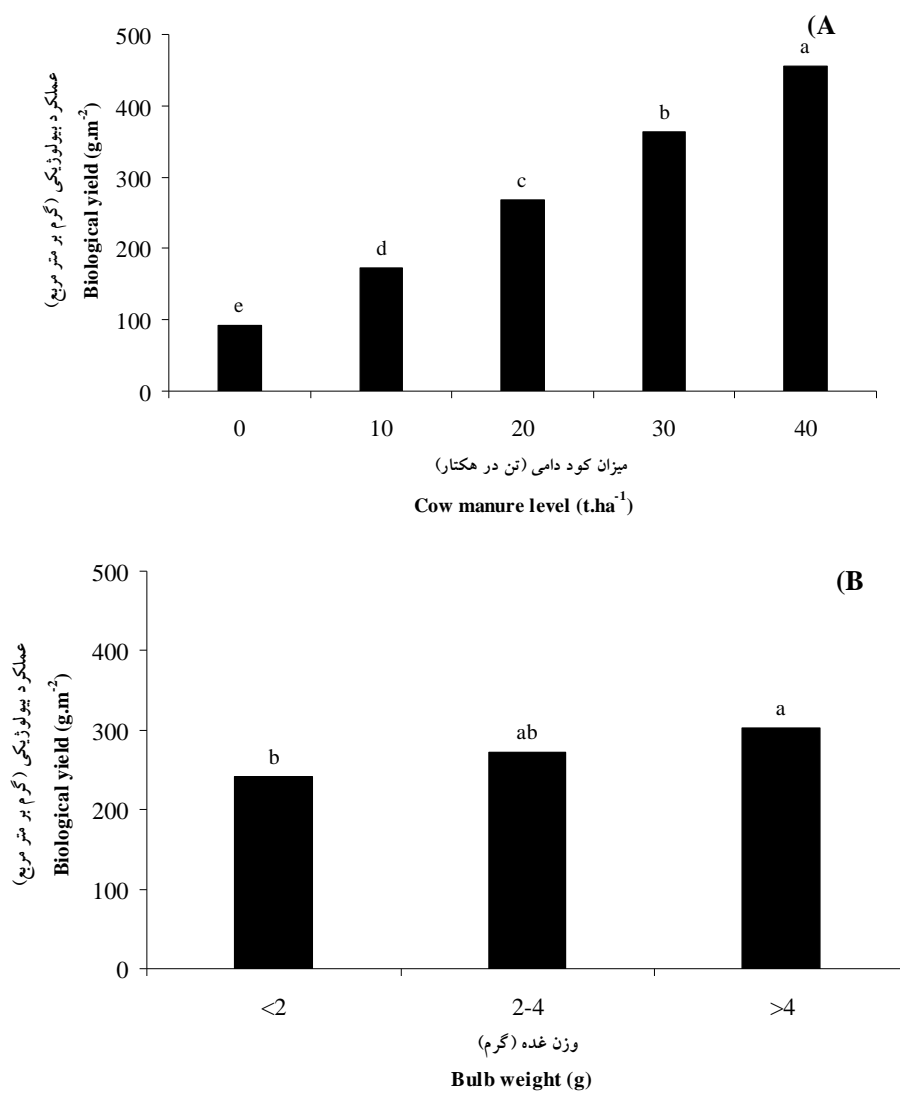
* Means in each column and for each component, with at least one similar letter are not significant different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

میزان مصرف کود دامی و وزن غده به‌طور معنی‌داری اجزای عملکرد زیره سیاه شامل تعداد چتر، تعداد چترک و وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار داد ($P \leq 0/01$) (جدول ۲). بالاترین تعداد چتر، چترک و وزن هزار دانه برای بالاترین میزان مصرف کود دامی به‌ترتیب با ۱۲/۳۳ چتر در بوته، ۲۵/۳۹ چترک در بوته و ۲/۱۴ گرم مشاهده گردید. کمترین میزان این صفات مربوط به شاهد بود. همچنین با افزایش مصرف کود دامی از صفر تا ۴۰ تن این صفات به‌ترتیب ۲۸۳، ۱۶۹ و ۳۸ درصد بهبود یافت. میزان افزایش تعداد چتر، تعداد چترک و وزن هزار دانه با افزایش وزن غده از کمتر از دو گرم به بیش از چهار گرم به‌ترتیب ۵۰، ۵۰ و ۱۳ درصد محاسبه گردید (جدول ۳).

کود دامی به‌احتمال زیاد با تأثیر مثبت بر خصوصیات فیزیکی، زیستی و شیمیایی خاک، شرایط ریزوسفر^۱ را برای رشد بوته‌ها بهبود بخشیده که این امر با تحریک رشد گیاه، منجر به افزایش سطح برگ به‌عنوان اندام فتوسنتزکننده شده و در نهایت، اجزای عملکرد را بهبود بخشید. لیتی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند از آن‌جا که ریشه مرکز ثقل گیاه در خاک محسوب می‌شود، تغییر مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای مصرف نهاده‌های آلی نظیر کود دامی با بهبود خصوصیات خاک، علاوه بر افزایش رشد و عملکرد محصول، پایداری بوم‌نظام را تحت تأثیر قرار داده و ثبات آن را در درازمدت تضمین می‌نماید (۲۴). همچنین از آنجا که میزان مواد انتقال یافته به غده به سطح فتوسنتزکننده و راندمان فتوسنتزی برگ بستگی دارد (۱۱)، به‌نظر می‌رسد که ذخایر غذایی بیشتر غده‌های درشت‌تر، امکان تخصیص حجم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به جوانه‌های رویشی فراهم کرده و این امر، به‌دلیل ظهور سریع‌تر برگ‌ها و در نتیجه بهبود رشد، موجب افزایش اجزای عملکرد شد. نتایج مطالعه فراوانی و رحیمیان (۱۹۹۸) نیز نشان داد که کاشت غده‌های با وزن بیشتر زیره سیاه، موجب افزایش تعداد چتر و چترک زیره سیاه شد (۹).

عملکرد زیست‌توده زیره سیاه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان مصرف کود دامی و وزن غده قرار گرفت ($P \leq 0/01$) (جدول ۲). بالاترین عملکرد بیولوژیکی برای مقدار ۴۰ تن کود دامی در هکتار با ۴۵۶/۱۹ گرم بر مترمربع به‌دست آمد و با افزایش میزان مصرف کود دامی از صفر به ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن کود دامی، عملکرد بیولوژیکی به‌ترتیب ۳۹۷، ۱۶۳، ۷۱ و ۲۵ درصد افزایش یافت (شکل ۳-الف).

۱- محیط تعاملی گیاه و خاک



شکل ۳- اثر (الف) مقادیر کود دامی و (ب) وزن غده بر عملکرد بیولوژیکی زیره سیاه.

Figure 3. Effects of (A) cow manure levels and (B) bulb weights on biological yield of black zira.

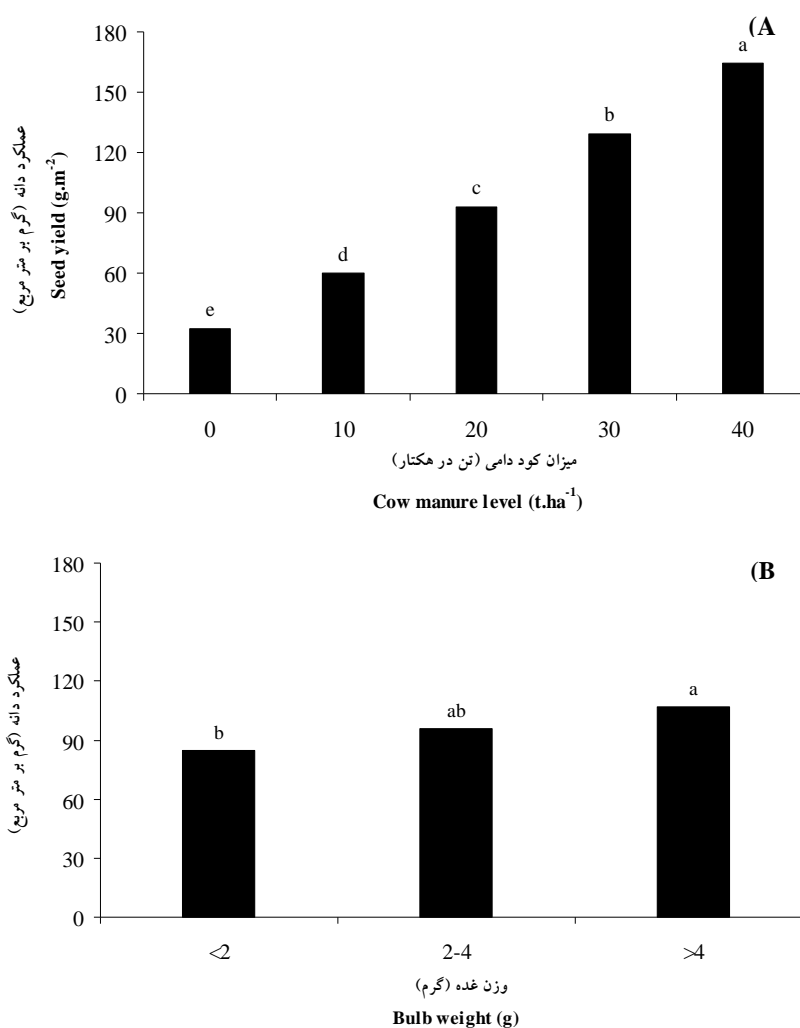
با افزایش کود دامی به دلیل بهبود فراهمی عناصر غذایی، رشد بوته‌ها افزایش یافته که این امر علاوه بر افزایش ارتفاع و قطر بوته، بهبود وزن خشک اندام‌های هوایی و به تبع آن افزایش عملکرد

زیست‌توده را نیز به دنبال داشت. وانگ و همکاران (۲۰۱۴) بیان نمودند که کاربرد حاصلخیزکننده‌های آلی عامل مؤثری بر بهبود رشد گیاه می‌باشد (۴۷). نتایج مطالعه سینگ و همکاران (۲۰۰۳) نیز تأیید نمود که عملکرد ماده خشک اسفرزه تحت تأثیر کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی بهبود یافت (۴۰).

بیشترین میزان عملکرد زیست‌توده زیره سیاه در بالاترین وزن غده با ۳۰۳/۵۱ گرم بر مترمربع مشاهده شد. همچنین با افزایش وزن غده از کمتر از دو گرم به بیش از چهار گرم میزان این صفت ۲۶ درصد بهبود یافت (شکل ۳-ب). به نظر می‌رسد که در غده‌های بزرگتر، تقسیم سلولی و به دنبال آن رشد برگ‌ها نسبت به غده‌های کوچکتر زودتر اتفاق می‌افتد که این امر به دلیل بهره‌گیری زودتر و بیشتر برگ‌ها از شرایط محیطی و به‌ویژه نور، باعث افزایش تولید ماده فتوسنتزی و به تبع آن بهبود عملکرد بیولوژیکی شد. خسروی و رحیمیان (۲۰۰۵) بیان داشتند که گیاهان حاصل از غده‌های بزرگ تر زیره سیاه عمدتاً دارای ارتفاع بیشتری بوده و با افزایش اندازه غده، عملکرد و زیست‌توده افزایش یافت (۲۲). فراوانی و رحیمیان (۱۹۹۸) نیز اظهار داشتند که کاشت غده‌های درشت‌تر زیره سیاه، از طریق افزایش خصوصیات رشدی، موجب بهبود عملکرد زیست‌توده گردید (۹). مولینا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تسریع تقسیم سلولی در بنه‌های بزرگتر زعفران نسبت به بنه‌های کوچکتر، موجب بهبود رشد و افزایش تولید ماده فتوسنتزی شد (۲۹). نتایج مطالعه مشایخی و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که وزن بنه مادری، پتانسیل رشد و گلدهی زعفران را به‌طور مثبتی تحت تأثیر قرار داد (۲۸).

اثر ساده میزان مصرف کود دامی و وزن غده بر عملکرد دانه زیره سیاه معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بود (جدول ۲). بالاترین عملکرد دانه مربوط به بالاترین میزان مصرف کود دامی با ۱۶۴/۲۰ گرم بر مترمربع بود. همچنین با افزایش میزان مصرف کود دامی از صفر به ۴۰ تن در هکتار، عملکرد دانه بیش از چهار برابر افزایش یافت (شکل ۴-الف). مصرف کود دامی از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و نیز فراهمی عناصر غذایی (۲۰)، سبب افزایش فتوسنتز و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده که در نتیجه عملکرد دانه را بهبود بخشید. بدین ترتیب، با توجه به این مطلب که سیستم ریشه‌ای گیاه مرکز ثقل آن در خاک محسوب می‌شود (۲۴)، می‌توان با تغییر مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای مدیریت پایدار و بوم‌شناختی نظیر مصرف نهاده‌های آلی همچون کود دامی، علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌توده خاک و افزایش رشد و عملکرد محصول، پایداری بوم‌نظام‌های زراعی را نیز در درازمدت تضمین نمود. مونشی (۱۹۹۴) نیز گزارش کرد که مصرف آلی به دلیل فراهمی عناصر غذایی و به‌ویژه نیتروژن و فسفر منجر به افزایش تولید گل و عملکرد زعفران شد (۳۱). به‌طور

کلی، اگرچه نتایج بررسی‌ها نشان داده است که گیاهان دارویی از نظر نیاز به عناصر غذایی، گیاهانی نسبتاً کم‌توقع می‌باشند (۳۲)، ولی تأمین مقدار مناسب عناصر غذایی در محیط رشد این گونه‌ها، می‌تواند نقش مفیدی بر بهبود رشد و به تبع آن گلدهی و عملکرد این گیاهان ارزشمند به‌همراه داشته باشد.

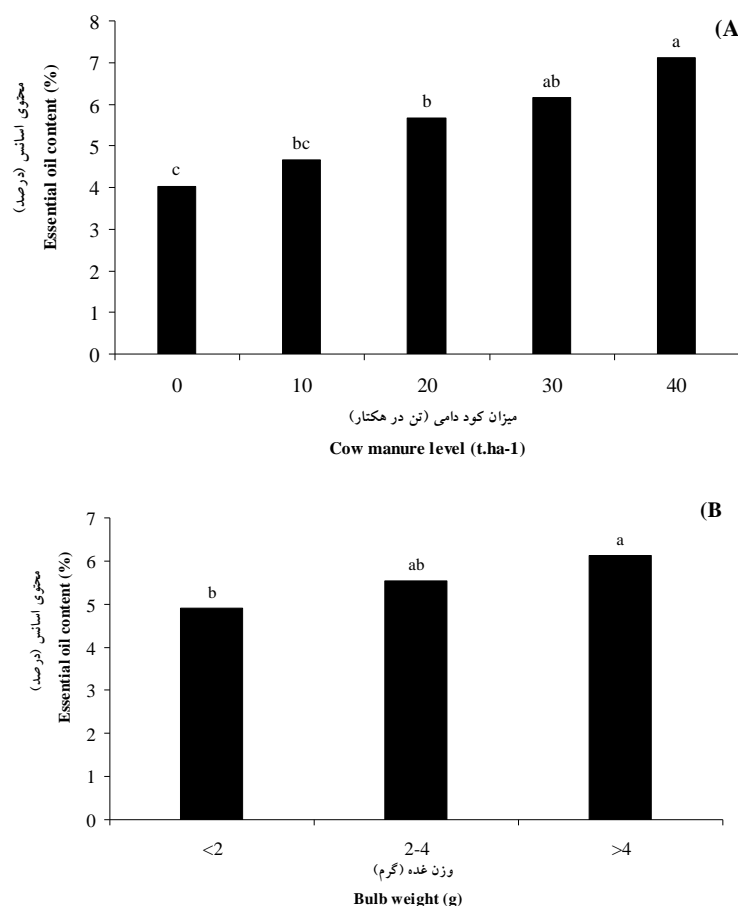


شکل ۴- اثر (الف) مقادیر کود دامی و (ب) وزن غده بر عملکرد دانه زیره سیاه.

Figure 4. Effects of (A) cow manure levels and (B) bulb weights on seed yield of black zira.

با افزایش وزن غده از کمتر از دو گرم به بیش از چهار گرم، عملکرد دانه زیره سیاه ۲۷ درصد بهبود یافت (شکل ۴-ب). چنین به نظر می‌رسد که غده‌های مادری درشت‌تر با تأمین مقدار مناسب‌تر ذخیره غذایی برای رشد بوته‌ها، توانسته‌اند نقش مفیدتری بر بهبود خصوصیات رشدی و به تبع آن پتانسیل گلدهی و در نتیجه عملکرد دانه این گیاه دارویی را به همراه داشته باشند. همچنین بالاتر بودن وزن غده در زمان کاشت به احتمال زیاد از طریق افزایش وجود جوانه‌های فعال، تسریع در مراحل فنولوژیکی و در نتیجه شروع زودتر گلدهی موجب افزایش عملکرد دانه شده است. خسروی (۱۹۹۴) بیان داشت که غده‌های بزرگ‌تر، تعداد دانه، چتر و چترک بیشتری نسبت به غده‌ها کوچک‌تر دارند و عملکرد دانه غده‌های بزرگ‌تر بیشتر از غده‌های کوچک‌تر بود (۲۱). نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که وزن غده و ارتفاع بوته، همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه داشت و به ازای هر گرم افزایش وزن غده، ۰/۱۷ گرم و به ازای هر سانتی‌متر افزایش ارتفاع بوته، ۰/۰۴۷ گرم افزایش عملکرد دانه حاصل گردید. نتایج مطالعه خسروی و رحیمیان (۱۳۸۴) روی زیره سیاه نشان داد که کاشت غده‌های بزرگ‌تر، افزایش عملکرد دانه را موجب گردید (۹). بادبالا (۱۹۹۱) با مطالعه روی دو اندازه ریشه غده‌ای زیره سیاه اظهار داشت که غده‌های بزرگ ۳۲/۹ درصد عملکرد دانه بیشتری نسبت به غده‌های کوچک‌تر تولید کردند (۴). سینگ و کیت (۱۹۹۱) در بررسی ارتباط غده‌های زیره سیاه جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های مختلف در هند به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه همبستگی مثبت با اندازه غده داشت (۴۱). نتایج مطالعه صادقی (۱۹۹۳) مؤید این مطلب است که پتانسیل گلدهی بنه‌های زعفران با وزن پایین محدود می‌باشد (۳۸). گرسنا و همکاران (۲۰۰۸) بر تأثیر مثبت و معنی‌دار وزن بنه مادری زعفران بر خصوصیات رشد و عملکرد تأکید کردند (۱۳). البته بایستی توجه کرد که کاشت غده‌های خیلی بزرگ نیز ممکن است به دلیل ورود غده‌ها به مرحله پیری کاهش رشد و عملکرد را موجب گردد.

اگرچه اثر متقابل میزان مصرف کود دامی و وزن غده بر محتوی اسانس زیره سیاه معنی‌دار نبود، ولی اثر ساده این عوامل به‌طور معنی‌داری محتوی اسانس دانه را تحت تأثیر قرار داد ($P \leq 0/01$) (جدول ۲)؛ به‌طوری که با افزایش میزان مصرف کود دامی از صفر به ۴۰ تن در هکتار محتوی اسانس ۷۶ درصد بهبود یافت (شکل ۵-الف).



شکل ۵- اثر (الف) مقادیر کود دامی و (ب) وزن غده بر محتوی اسانس زیره سیاه.

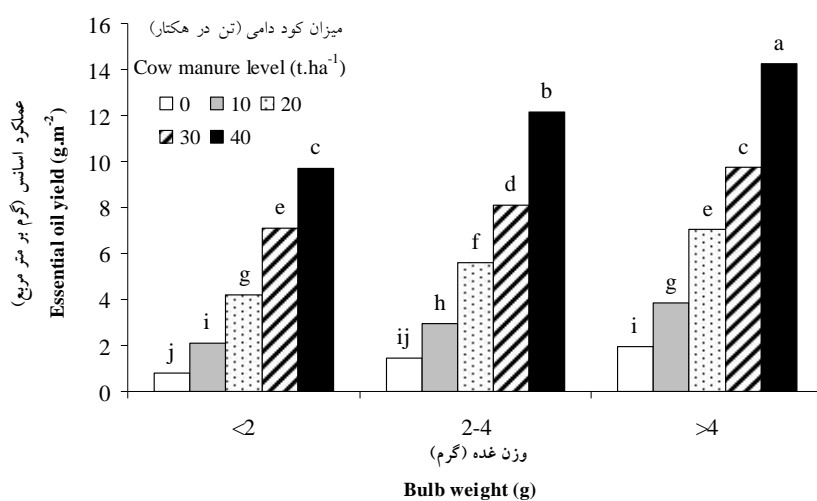
Figure 5. Effects of (A) cow manure levels and (B) bulb weights on essential oil content of black zira

از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن‌ها (ایزونوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی‌متیل آلیل پیروفسفات، نیاز به ATP و NADPH دارند و با در نظر گرفتن این مطلب که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد (۳۳ و ۴۸)، به‌نظر می‌رسد که مصرف کود دامی از طریق فراهمی فسفر و نیتروژن برای بوته‌ها موجب افزایش محتوی اسانس شده است. قریب و همکاران (۲۰۰۱) گزارش نمودند که تیمارهای کودی به‌طور معنی‌داری عملکرد اسانس مرزنجوش (*Marjorana hortensis* L.) را تحت تأثیر قرار

داد. این محققان دلیل این امر را به افزایش جذب عناصر غذایی پر مصرف به ویژه نیتروژن و فسفر نسبت دادند (۱۲).

افزایش محتوی اسانس دانه تحت تأثیر افزایش وزن غده از کمتر از دو گرم به بیش از چهار گرم برابر با ۲۵ درصد بود (شکل ۵-ب). به نظر می‌رسد که کاشت غده‌های درشت‌تر از طریق بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده که در نتیجه درصد اسانس را افزایش داد.

اثر متقابل میزان مصرف کود دامی و وزن غده بر عملکرد اسانس زیره سیاه معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$) (جدول ۲). بالاترین عملکرد اسانس مربوط به مصرف ۴۰ تن کود دامی و وزن غده بیش از چهار گرم با ۱۴/۲۵ گرم بر مترمربع بود. افزایش میزان مصرف کود دامی از صفر به ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار عملکرد اسانس را به ترتیب برابر با ۱۱۲، ۳۰۳، ۴۹۶ و ۷۶۲ درصد افزایش داد. میزان بهبود عملکرد اسانس با افزایش وزن غده از دو گرم به ۲ تا ۴ و بیش از چهار گرم به ترتیب ۲۴ و ۵۴ درصد محاسبه گردید (شکل ۶).



شکل ۶- اثر مقادیر کود دامی و وزن غده بر عملکرد اسانس زیره سیاه.

Figure 6. Interaction effect of cow manure levels and bulb weights on essential oil yield of black zira.

از آنجا که تولید اسانس به‌عنوان یک متابولیت ثانویه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر افزایش میزان تولید اسیمیلات‌های فتوسنتزی می‌باشد (۳۵)، به‌نظر می‌رسد که مصرف کود دامی از طریق افزایش دسترسی به عناصر غذایی تحت تأثیر بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای که متأثر از بهبود شرایط خاک در منطقه ریزوسفر می‌باشد، افزایش میزان تولید اسیمیلات‌ها را موجب شده که این امر در نتیجه افزایش عملکرد و به تبع آن بهبود تولید اسانس را به دنبال داشت. این نتایج با یافته‌های ماندال و همکاران (۲۰۰۷) نیز مطابقت دارد (۲۶). نتایج مطالعه شفر و همکاران (*Achillea millefolium L.*) مؤید بهبود عملکرد اسانس بومادران تحت تأثیر مدیریت آلی حاصلخیزی خاک بود. جها و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود دامی رشد و عملکرد کمی و کیفی گونه دارویی آرتمیزیای (*Artemisia annua L.*) را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. آن‌ها دلیل این امر را به بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و تحریک رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی نسبت دادند (۱۷). علاوه بر این، کاشت غده‌های بزرگ‌تر نیز از طریق بهبود رشد موجب افزایش اجزای عملکرد به‌ویژه وزن هزار دانه (جدول ۳) و همچنین بهبود عملکرد اسانس شد.

نتیجه‌گیری

مصرف تیمارهای کودی و وزن غده به‌طور معنی‌داری خصوصیات رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و اسانس گیاه دارویی زیره سیاه را تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری که افزایش مصرف کود دامی و کاشت غده‌های درشت‌تر موجب بهبود رشد و عملکرد گردید. کود دامی با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، محتوی رطوبتی و فراهمی عناصر غذایی در خاک، موجب بهبود خصوصیات رویشی شد و در نهایت، افزایش عملکرد دانه و اسانس را موجب گردید. علاوه بر این، کاشت غده‌های درشت‌تر از طریق افزایش رشد، موجب بهبود عملکرد کمی و کیفی شد. بدین ترتیب، می‌توان مصرف کود دامی را به‌عنوان نهاده‌ای آلی در بوم‌نظام‌های کشاورزی مدنظر قرار داد. کاشت غده‌های بزرگ‌تر نیز علاوه بر بهبود عملکرد می‌تواند به حفظ این گونه در راستای اهلی‌سازی آن کمک نماید. البته انتخاب غده‌های خیلی بزرگ در زمان کاشت ممکن است به‌دلیل ورود به مرحله پیری، کاهش رشد و عملکرد را به دنبال داشته باشد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۲/۲۳۳۴۲ مصوب ۱۳۹۱/۰۷/۱۸ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Amirshakari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress Sanavy, A.M., and Jalali Javaran, M. 2007. Effects of root-zone temperature, corm size, and gibberellin on vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Agric. Sci. Nat. Res. 14(5): 5-18. (In Persian)
2. Ayyobi, H., Olfati, J.A., and Peyvast, G.A. 2014. The effects of cow manure vermicompost and municipal solid waste compost on peppermint (*Mentha piperita* L.) in Torbat-e-Jam and Rasht regions of Iran. Int. J. Recycl. Org. Waste Agri. 3(4): 147-153.
3. Azizi, M., Davareenejad, G.H., Bos, R., Woerdenbag, Herman, J., and Kayser, O. 2009. Essential oil content and constituents of black zira (*Bunium persicum* [Boiss.] B. Fedtsch.) from Iran during field cultivation (Domestication). J. Essent. Oil Res. 21(1): 78-82.
4. Badiyala, D. 1991. Effect o size of bulb and planting depth on yield attributes of black zira (*Bunium persicum*). Indian J. Agro. 36(4): 619-630.
5. Bahador, S., Negari, A.K., and Abbaspoor, M. 2009. The effect of planting depth and corm weight on yield and agronomical characteristics of *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch. Iran. J. Med. Arom. Plant. 25(3): 321-332. (In Persian)
6. Boyer, J.S. 1968. Relationship of water potential to growth of leaves. Plant Physiol. 43: 1056-1062.
7. Carrubba, A., La Torre, R., and Matranga, A. 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid Mediterranean environment. Proceeding of an International Conference on MAP. Acta Hort. (ISHS) 576: 237-242.
8. Chaves, F.C.M., Ming, L.C., Ehlert, P.A.D., Fernandes, D.M., Marques, M.O.M., and Meireles, M.A.A. 2002. Influence of organic fertilization on leave and essential oil production of *Ocimum gratissimum* L. Acta Hort. (ISHS) 576: 273-275.
9. Faravani, M., and Rahimian Mashhadi, H. 1998. Determine the optimum plant population of black zira in nursery and filed Mashhad, Khorasan. Agricultural Research Center. Annual Report. (In Persian)
10. Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L. 2010. The Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Science 327p.
11. Ghahraman, A. 1993. Colored Flora of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR), Iran. (In Persian)
12. Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). J. Agric. Biol. 10: 381-387.
13. Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigma yield, daughter corms and qualitative aspects of

- saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. *J. Sci. Food Agric.* 88(7): 1144-1150.
14. Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye-yielding plants (MADPs): Forward, preface and introduction. Food and Agricultural Organization.
 15. Hemmat, A., Aghilinategh, N., Rezainejad, Y., and Sadeghi, M. 2010. Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil Till. Res.* 108(1-2): 43-50.
 16. Horrigan, L., Lawrence, R.S., and Walker, P. 2002. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ. Health Persp.* 10(2): 445-456.
 17. Jha, P., Ram, M., Khan, M.A., Kiran, U., Uzzafar, M., and Abidin, M.Z. 2011. Impact of organic manure and chemical fertilizers on artemisinin content and yield in *Artemisia annua* L. *Ind. Crop Prod.* 33(2): 396-301.
 18. Kapila, R., Panwar, K., and Badiyala, D. 1997. Variation and association analysis in domesticated populations of black caraway (*B. persicum*). *J. Med. Arom. Plant* 19: 709-711.
 19. Karla, A. 2003. Organic Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants. A Hope for Sustainability and Quality Enhancement. *Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs)*. FAO.
 20. Kartikeyan, B.C., Abdul Jaleel, G.M., Lakshmanan, A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids Surf. B: Bionterfaces.* 62: 143-145.
 21. Khosravi, M. 1994. *Bunium persicum*, botany, ecology and investigation the possibility of crop production. M.Sc. Thesis. Agricultural College, Ferdowsi University of Iran. (In Persian)
 22. Khosravi, M., and Rahimian Mashhadi, H. 2005. Effect of tuberous-root weight of black zira on generative phase induction, yield and yield components. *Agric. Sci. Technol. J.* 1(19): 111-118. (In Persian)
 23. Kuepper, G. 2000. Manures for Organic Crop Production. ATTRA, Fayetteville AR72702. www.attra.org/attra-pub/manure.html
 24. Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. *J. Appl. Sci. Res.* 2: 773-779.
 25. Liebman, A. 2002. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming system. *J. Weed Res.* 40(1): 27-47.
 26. Mandal, A., Patra, A.K., Singh, D., Swarup, A., and Ebhin Masto, R. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. *Biores. Technol.* 98: 3585-3592.
 27. Markewich, H.A., Pell, A.N., Mbugua, D.M., Cherney, D.J.R., Van Es, H.M., Lehmann, J., and Robertson, J.B. 2010. Effects of storage methods on chemical composition of manure and manure decomposition in soil in small-scale Kenyan systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 139(1-2): 134-141.

28. Mashayekhi, K., Soltani, A., and Kamkar, B. 2006. The relationship between corm weight and total flower and leaf numbers in saffron. Proceedings of the 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran, 28-30 October, p. 93-96.
29. Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y.J., Guardiola, L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativa*). Sci. Hort. 103: 361-379.
30. Mukherjee, B.S.K. 2001. Textbook of Soil Science, 2/E. Tata McGraw-Hill Education, 1 Nov. 433p.
31. Munshi, A.M. 1994. Effect of N and K on the floral yield and corn production in saffron under rainfed condition. Indian Cocoa, Arecanut Spices J. 18: 24-44.
32. Omidbaigi, R. 2004. Production and Processing of Medicinal Plants. Vol. II. Publication of Tarrahan-e-Nashr, Tehran, 108p. (In Persian)
33. Ormeño, E., and Fernandez, C. 2012. Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. Curr. Bioact. Comp. 8(1): 71-79.
34. Oztekin, S., and Martinov, M. 2007. Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying, and Processing. CRC Press 320p.
35. Parry, E.J. 1922. The Chemistry of Essential Oils and Artificial Perfumes. 4th Edition, Scott, Greenwood and Son. 365p.
36. Patra, D.D., Anwar, M., and Chand, S. 2000. Integrated nutrient management and waste recycling for restoring soil fertility and productivity in Japanese mint and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. Agric. Ecosyst. Environ. 80: 267-275.
37. Rees, R.M., Ball, B.C., Campbell, C.D., and Watson, C.A. 2001. Sustainable Management of Soil Organic Matter. CABI, 1 MRT. 464p.
38. Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST). 73p. (In Persian)
39. Scheffer, M.C., Ronzelli Junior, P., and Koehler, H.S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. Acta Hort. (ISHS) 331: 109-114.
40. Singh, D., Chand, S., Anwar, M., and Patra, D. 2003. Effect of organic and inorganic amendments on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. J. Med. Aromat. Plant Sci. 25: 414-419.
41. Singh, J.M., and Kaith, D.S. 1991. Variability and correlation studies in some kala zira collecting from Kinnaur (H.P.) for some kala zira yield contributing parameters. Indian Cocoa, Arecanut Spices J. 14(3): 81-82.
42. Singh, M., Singh, A., Singh, S., Tripathi, R.S., Singh, A.K., and Patra, D.D. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Ind. Crop Prod. 31(2): 289-293.
43. Sofi, P.A., Zeerak, N.A., and Singh, P. 2009. Kala zeera (*Bunium persicum* Bioss.): a Kashmirian high value crop. Turk. J. Biol. 33: 249-258.
44. Srivastava, L. 2002. Plant Growth and Development Hormones and Environment. Academic Press.
45. Sushia, R., and Giri, G. 2000. Influence of farmyard manure, nitrogen and biofertilizers on growth, yield attributes and yield of wheat (*Triticum aestivum*) under limited water supply. Indian J. Agron. 45: 590-595.

46. Tindal, D.L., Dufault, R.J., David Gangemi, J., Rushing, J., and Boyleston, L.J. 2002. Production and development of Nutraceuticals as alternative crops: implications for certification and branding: Part I. (Final Report Submitted to USDA-AMS, FSMIP), 25 November.
47. Wang, K., Li, X., He, C., Chen, C.L., Bai, J., Ren, N., and Wang, J.Y. 2014. Transformation of dissolved organic matters in swine, cow and chicken manures during composting Bioresour. Technol. 168: 222–228.
48. Yanive, Z., and Palevitch, D. 1982. Effect of drought on the secondary metabolites of medicinal and aromatic plants. In: “Cultivation and Utilization of Medicinal Plants”. (Eds.): Atal, C.K., and Kapur, B.M. CSIR Jammu-Tawi, India, Pp: 1-22.

