

## تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر خصوصیات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط آب و هوایی بردسیر

روح اله مرادی، نسیم پورقاسمیان\*، مهدی نقی زاده

استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۵

### چکیده

از آنجایی که تولید گیاهان تحت تأثیر عوامل محیطی مانند رطوبت و مواد غذایی قرار گرفته و خشکی یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان و مخصوصاً ایران محسوب می‌شود؛ بنابراین، به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری و منابع مختلف کودی بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر در سال زراعی ۹۴-۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کم آبیاری شامل ۵۰، ۹۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، به عنوان عامل اصلی و منبع کودی شامل شاهد (بدون کود)، کود گاوی (۲۰ تن در هکتار)، NPK (به ترتیب ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود گاوی + NPK به عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد کیسول در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اسانس، درصد روغن و عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد و شاخص برداشت، درصد اسانس، تعداد دانه در کیسول در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر معنی دار سطوح مختلف کم آبیاری قرار گرفتند. صفات مذکور با افزایش میزان کم آبیاری از ۹۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش معنی داری نشان دادند. نوع کود مصرفی نیز بر تمامی صفات ( $P < 0.01$ ) به جز درصد اسانس و درصد روغن اثر معنی داری داشت. بیشترین مقدار عملکرد دانه (۶۴۸/۸ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (۳۲/۷۲ درصد)، عملکرد روغن (۱۷۷/۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اسانس (۸/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کود گاوی + NPK به دست آمد. نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل بین منبع کودی و سطوح مختلف کم آبیاری بر تعداد شاخه فرعی، عملکرد دانه، عملکرد اسانس و عملکرد روغن معنی دار بود ( $P < 0.01$ ). بیشترین تعداد شاخه فرعی (۴۴)، عملکرد دانه (۸۱۷/۳ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد روغن (۱۸۹/۳ کیلوگرم در هکتار) و اسانس (۱۰/۳ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد کود گاوی + NPK در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که با کاهش میزان آب آبیاری به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب به میزان ۲۵، ۴۲، ۲۵ و ۴۰ درصد کاهش یافت. در تیمارهای آبیاری در سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، عملکرد دانه، عملکرد اسانس و تعداد شاخه جانبی در شرایط مصرف کود گاوی به تنهایی با کود گاوی + NPK تفاوت معنی داری را نشان نداد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد، مصرف کود گاوی + NPK در درجه اول و بعد از آن کود گاوی هم در تمامی سطوح کم آبیاری جزء بهترین تیمارهای تغذیه‌ای سیاهدانه باشند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش خشکی، کود گاوی، کود شیمیایی، روغن.

### مقدمه

متوسط بارندگی در کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این مقدار یک سوم متوسط بارندگی در جهان است؛ بنابراین یکی از محدودکننده‌ترین تنش‌های محیطی در کشاورزی ایران، تنش کمبود آب است (Hashemi Dezfuli and Koocheki, 1995). برخی از گیاهان در مواجهه با تنش خشکی از راهکارهای مختلف بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای غیرزیستی مؤثر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان است. تنش خشکی زمانی در گیاه اثر می‌گذارد که میزان آب دریافتی کمتر از آب ازدست‌رفته باشد (Andrew et al., 2000). ایران از نظر موقعیت جغرافیایی در کمربند بیابانی جهان واقع شده است و از مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود.

(Tavakoli et al., 1987). این گیاه علاوه بر خودرو بودن به صورت زراعی نیز کشت قرار می‌گیرد، اما مطالعات به زراعی محدودی در ایران و در دیگر کشورهای تولیدکننده آن صورت گرفته است (Mandal and Maity, 1993).

آب و عناصر غذایی به‌عنوان دو عامل مهم در تولید محصولات زراعی مدنظر می‌باشند که با یکدیگر اثر متقابلی دارند (Ahmadian et al., 2011). در شرایط کم‌آبی جذب عناصر غذایی کاهش یافته، رشد برگ‌ها تحت تأثیر قرار گرفته و سطح برگ کاهش می‌یابد. همین مسئله سبب کاهش جذب نور و کاهش ظرفیت فتوسنتزی شده و رشد و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Hasani, 2006)؛ بنابراین، به نظر می‌رسد قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک تحت تأثیر میزان رطوبت خاک قرار گرفته در نتیجه مدیریت تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید محصولات گیاهی است. لذا با عنایت به اینکه مطالعات محدودی در ارتباط با نقش عوامل محیطی بر گیاهان دارویی صورت گرفته است، مطالعه حاضر با هدف بررسی سطوح مختلف کم‌آبیاری و مصرف ترکیبات مختلف کودهای گاوی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی بردسیر اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای گاوی و شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی سیاهدانه در شرایط کم‌آبیاری، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. عامل اصلی سطوح کم-آبیاری شامل: ۱- آبیاری در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، ۲- آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳- آبیاری در ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عامل فرعی شامل کاربرد کودهای شیمیایی و گاوی شامل: ۱- عدم کوددهی (شاهد)، ۲- کود شیمیایی (اوره ۴۶٪، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۳- کود گاوی به میزان ۲۰ تن در هکتار و ۴- تلفیق کودهای گاوی و شیمیایی به میزان ۵۰ درصد هر کدام بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و کود گاوی مورد استفاده نیز در جدول ۱ ذکر شده است. میزان منابع کودی مختلف بر اساس نیاز کودی گیاه (Salehi et al., 2014) و آزمایش خاک تعیین گردید.

آناتومیکی استفاده می‌کنند. با این حال، بسیاری از گیاهان مهم اقتصادی از طریق مکانیسم‌های داخلی توان مقابله با شرایط تنش‌های محیطی را ندارند؛ بنابراین، بشر از طریق برخی علوم زیستی و به کار بردن ترکیبات خارجی بر گیاهانی که به‌تنهایی توان مقابله با شرایط تنش موجود را ندارند، آن‌ها را در مقابله با این شرایط همراهی می‌کند. این ترکیبات شامل انواع مواد جاذب و نگه‌دارنده رطوبت در خاک، مواد آلی، معدنی و عناصر غذایی می‌باشند (Ali et al., 2007). استفاده از مواد جاذب رطوبت توسط اختر و همکاران (Akhter et al., 2004)، مواد آلی توسط صالحی و همکاران (Salehi et al., 2014) و مواد معدنی و غذایی توسط احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2012) برای کاهش تنش خشکی در گیاهان گزارش شده است.

امروزه مصرف مواد آلی به‌عنوان کود به علل مختلفی از رواج چندان بر خوردار نیست و عمده نیاز غذایی گیاهان زراعی از طریق کودهای شیمیایی تأمین می‌شود. کودهای شیمیایی در کوتاه‌مدت باعث افزایش چشمگیر رشد و عملکرد می‌شوند و همین بازدهی زود هنگام و سریع آن‌ها تمایل به مصرف زیاد آن‌ها را در بین زارعین افزایش داده است. این در حالی است که استفاده بی‌رویه از این کودها باردهی درازمدت زمین‌های کشاورزی را به خطر انداخته و سلامت غذای ساکنان کره زمین را به‌طور جدی تهدید می‌کند (Chaudhry et al., 1999). بیشتر کودهای آلی به‌ویژه کودهای گاوی در عین داشتن مواد آلی، منابعی غنی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به شمار می‌آیند و به‌مرور زمان این عناصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Fernandez et al., 1993). کودهای گاوی هم‌چنین در بهبود ساختمان فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، نگهداری رطوبت در خاک و افزایش جذب عناصر غذایی نقش اساسی دارند (Arancon et al., 2004; Chaudhry et al., 1999).

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی دارویی، یک‌ساله و متعلق به تیره آلاله (Ranunculaceae) است. دامنه تحمل این گیاه نسبت به شرایط محیطی از مناطق معتدل تا سرد و نیمه‌خشک متفاوت بوده و گیاهی نسبتاً مقاوم به تنش خشکی است (Ghorbanli et al., 2016). این گیاه دارویی در منطقه مدیترانه (مصر، ترکیه، یونان، تونس و ...)، هند و خاورمیانه مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. دانه‌های آن کوچک و به رنگ سیاه مات با گوشه‌های تیز و یک بخش داخلی چرب و سفید هستند که شباهت زیادی به بذر پیاز دارد

فاصله بین بوته‌ها ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Heydari and Jahan-tighi, 2012). بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام شد. برای رسیدن به تراکم موردنظر، در مراحل چهار و شش برگی تنک انجام شد. جهت اعمال تیمارهای تنش خشکی، ده روز بعد از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه‌ها با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) ساخت شرکت اکل کمپ هلند میزان رطوبت خاک تعیین و آبیاری بر اساس تیمارهای موردنظر در کل دوره رشد انجام گرفت (Calamita et al., 2012). برای این کار از پروب‌های سطحی با طول ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. زمانی که رطوبت خاک به هر یک از مقادیر مشخص شده می‌رسید، آبیاری توسط سیفون انجام می‌شد.

مزرعه موردنظر در اردیبهشت‌ماه شخم عمیق خورده و پس از دیسک با استفاده از دستگاه لولر عملیات تسطیح و کرت‌بندی گرفت. کود گاوی و فسفر و پتاسیم با نسبت‌های مختلف و طبق تیمارهای مربوط قبل از کشت به زمین داده شد و سپس با خاک تا عمق ۴۰ سانتی‌متری مخلوط گردید. نصف کود نیتروژن طبق تیمارهای مربوط قبل از کاشت و نصف دیگر به‌صورت سرک هنگامی که ارتفاع بوته‌ها به ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری (در مرحله رشد رویشی) رسیده بود به خاک داده شد. عملیات کاشت بذر در تاریخ ۵ خرداد به روش دستی و به‌صورت خشکه‌کاری انجام شد. بذر مورد استفاده، توده محلی مشهد بود که از مشهد تهیه شد. هر کرت شامل شش ردیف سه متری بود. فاصله ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی‌متر و

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مزرعه و کود گاوی

Table 1. Soil and cow manure physical and chemical properties

نمونه Case	بافت Texture	نیتروژن N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH
Field soil خاک مزرعه	Sandy loam لومی-شنی	0.08	14.3	214	1.22	7.4
Cow manure کود گاوی	-	0.49	92.6	989	6.14	8.3

دانه از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و آسیاب گردید. در داخل کارتوش دستگاه سوسکسله (مدل HT-1046) قرار داده شد و عمل روغن‌گیری توسط ۲۰۰ میلی‌لیتر حلال پترولیوم اتر، در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. بعد از اتمام کار، نمونه به مدت ۲۴ ساعت داخل آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. جهت خروج حلال از روغن از دستگاه روتاری (Rotary Evaporator) استفاده شد.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و رسم نمودار از نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح کم آبیاری روی اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته در سطح احتمال ۱ درصد و بر تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. نوع کود مصرفی نیز بر تعداد

وجین علف‌های هرز در طول دوره رشد صورت گرفت. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن ۸۰ درصد از کپسول-ها) تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی‌هایی از جمله: ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت بررسی گردید. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت از چهار ردیف میانی با نظر گرفتن اثر حاشیه به طول نیم متر از سطح ۴/۸ مترمربع برداشت صورت گرفت.

مقدار ۵۰ گرم از دانه تولیدشده در هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر (Clevenger, 1928) با استفاده از روش تقطیر با آب، میزان اسانس آن اندازه‌گیری شد. به این منظور هر نمونه ابتدا کاملاً آسیاب شد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۷۵۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه گردید، سپس به مدت ۴ ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد و پس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم با استفاده از روش گونتر (Guenther, 1961)، درصد و عملکرد اسانس تعیین شد. جهت اندازه‌گیری درصد و عملکرد روغن نیز از روش سوکسله (Johnson and Ulrich, 1959) استفاده شد. بدین منظور، مقدار ۱۰ گرم

تیغی (Heydari and Jahantighi, 2012) بیان داشتند با توجه به اینکه سیاهدانه گیاهی رشد محدود است، تنش خشکی باعث کوتاه شدن طول دوره رویشی و رسیدن سریع‌تر گیاه به مرحله زایشی شده است و این امر سبب کمتر شدن تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته می‌شود. همچنین، شاخه‌دهی زیاد تحت شرایط تنش خشکی یک صفت نامطلوب محسوب شده که باعث مصرف بی‌هوده رطوبت خاک و اتلاف آب می‌گردد (Ahmadian et al, 2011). به نظر می‌رسد در این مطالعه نیز گیاه سیاهدانه محدود کردن تعداد شاخه جانبی را به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری به تنش انتخاب کرده باشد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته در تیمار کود گاوی + NPK به ترتیب برابر با ۳۹/۳ و ۴۳/۰۸ و کمترین این صفات در شاهد و به ترتیب برابر با ۲۶/۳۳ و ۲۸/۱۷ بود. تیمارهای کود گاوی و NPK از نظر صفات فوق در حد وسط و بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بودند (جدول ۳). درحالی‌که در صفات تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه تفاوت، تنها در تیمار شاهد نسبت به بقیه تیمارهای کودی مشاهده شد (جدول ۳).

شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. (جدول ۲). حیدری و جهان تیغی (Heydari and Jahantighi, 2012) با بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر گیاه سیاهدانه دریافتند با توجه به اینکه هر یک از مراحل رشدی گیاه بخش‌های خاصی از عملکرد دانه را تشکیل می‌دهند، تأثیر تنش خشکی بر هر یک از این مراحل متفاوت است. آن‌ها گزارش دادند وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد. رضا پور و همکاران (Rezapoor et al., 2011) نیز به عدم تأثیرگذاری تنش خشکی بر وزن هزار دانه گیاه سیاهدانه اشاره کرد. در مطالعه حاضر با افزایش میزان کم‌آبیاری از ۹۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول به ترتیب با ۲۹/۵، ۳۰ و ۱۲/۵ درصد کاهش همراه بود (جدول ۳). تعداد دانه در کپسول با افزایش میزان کم‌آبیاری از ۹۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). نتایج فوق‌گویی این است که تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته سیاهدانه نسبت به دیگر اجزای عملکرد بیشتر تحت تأثیر آب قابل‌دسترس خاک قرار دارد. حیدری و جهان

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات رشد و اجزاء عملکرد سیاهدانه تحت تأثیر سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی

Table 2. Analysis of variance (Mean square) of growth and yield components traits of Black cumin as affected by deficit irrigation levels and nutritional recourse

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته Branches number per plant	تعداد کپسول در بوته Follicles per plant	تعداد دانه در کپسول Seeds per Follicle	وزن هزار دانه 1000 seeds weight
تکرار Replication		2	2.38 <sup>ns</sup>	4.50 <sup>ns</sup>	11.54 <sup>ns</sup>	0.367 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>
میزان آبیاری (A) Irrigation value		2	585.3 <sup>**</sup>	405.8 <sup>**</sup>	491.6 <sup>**</sup>	61.75 <sup>*</sup>	0.091 <sup>ns</sup>
اشتباه اول Error 1		4	17.41	2.71	7.25	3.62	0.024
منبع کودی (B) Nutritional recourse		3	326.6 <sup>**</sup>	300.2 <sup>**</sup>	337.0 <sup>**</sup>	210.2 <sup>**</sup>	0.084 <sup>**</sup>
A×B		6	21.25 <sup>ns</sup>	12.75 <sup>**</sup>	11.26 <sup>ns</sup>	6.75 <sup>ns</sup>	0.0007 <sup>ns</sup>
خطای دوم Error 2		18	17.68	1.16	14.81	14.48	0.014
ضریب تغییرات (%) CV (%)		-	9.11	3.28	7.52	11.24	2.97

ns و \*\* و \* : به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

ns = Non-significant. \* = Significant at 5% level. \*\* = Significant at 1% level

جدول ۳. تأثیر سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی بر برخی صفات مربوط به رشد و اجزاء عملکرد سیاهدانه

Table 3. Effect of deficit irrigation levels and nutritional recourses on growth and yield components traits of Black cumin

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی Branch number	تعداد کپسول در بوته Follicles per plant	تعداد دانه در کپسول Seed per Follicle	وزن هزار دانه 1000 seeds weight (g)
سطوح کم‌آبیاری	90%	40.12 <sup>a</sup>	42.80 <sup>a</sup>	34.97 <sup>a</sup>	2.03 <sup>a</sup>
(ظرفیت زراعی)	50%	55.50 <sup>b</sup>	38.25 <sup>b</sup>	34.21 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>
Irrigation deficit levels (Field capacity)	25%	43.48 <sup>c</sup>	30.16 <sup>c</sup>	30.63 <sup>b</sup>	1.86 <sup>a</sup>
شاهد Control	46.3 <sup>c</sup>	26.33 <sup>c</sup>	28.17 <sup>c</sup>	26.11 <sup>b</sup>	1.82 <sup>b</sup>
منبع کودی Nutritional recourse	کود NPK+گاوی	61.11 <sup>a</sup>	39.33 <sup>a</sup>	43.08 <sup>a</sup>	2.02 <sup>a</sup>
	Manure+NPK	55.32 <sup>b</sup>	36.35 <sup>b</sup>	38.49 <sup>b</sup>	1.98 <sup>a</sup>
	NPK	54.08 <sup>b</sup>	37.11 <sup>b</sup>	39.5 <sup>b</sup>	2.03 <sup>a</sup>
	کود گاوی Manure				

حروف مشترک برای هر تیمار در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن نیست.

Column means with the same letter are not significantly different by Duncan test ( $p < 0.05$ ).

(جدول ۲). اثر متقابل کود و سطوح کم‌آبیاری بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری نداشت. ارتفاع بوته با افزایش میزان کم‌آبیاری از ۹۰ درصد زراعی به ۵۰ و ۲۵ درصد زراعی به ترتیب ۷/۵۸ و ۲۷/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). یکی از نشانه‌های کمبود آب کاهش تورژسانس و کاهش در رشد و اندازه سلول‌ها مخصوصاً ساقه و برگ است و به دنبال آن کاهش در ارتفاع گیاه رخ خواهد داد (Ashraf and Folad, 2007). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمار کود گاوی+NPK (۶۱/۱۱ سانتی‌متر) و شاهد (۴۶/۳ سانتی‌متر) مشاهده گردید. ارتفاع بوته در تیمارهای کود گاوی و NPK تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

#### عملکرد دانه

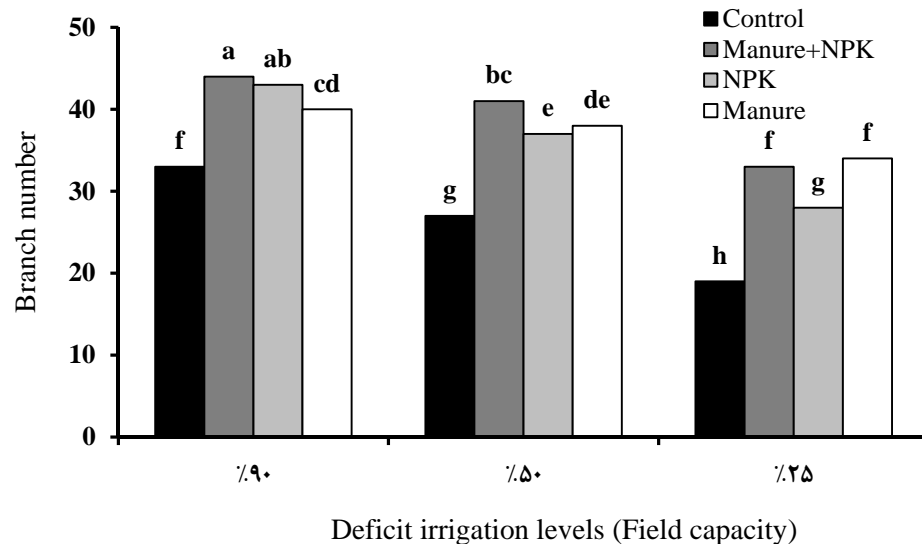
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح کم‌آبیاری، منبع کودی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در کلیه سطوح کم‌آبیاری، عملکرد دانه در شرایط مصرف کود بیشتر از شاهد (عدم مصرف کود) بود (شکل ۲). از بین منابع کودی مختلف موردبررسی، تلفیق کود گاوی و NPK در کلیه سطوح کم‌آبیاری عملکرد دانه بالاتری نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها مشاهده شد.

#### تعداد شاخه فرعی

از بین اجزای تأثیرگذار بر عملکرد، تنها تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر اثر متقابل نوع کود مصرفی و سطوح کم‌آبیاری قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۲). کمترین تعداد شاخه فرعی برای هر سه سطح کم‌آبیاری، در شاهد (بدون مصرف کود) مشاهده شد. باین‌حال، با افزایش میزان کم‌آبیاری در شاهد تعداد شاخه فرعی کمتری مشاهده شد به صورتی که در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، ۴۲/۴ درصد کاهش نسبت به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد. بیشترین تعداد شاخه فرعی برای آبیاری در سطح ۹۰ درصد ظرفیت زراعی در تیمارهای کود گاوی+NPK و کود گاوی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (شکل ۱). در آبیاری در سطوح ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی نیز بیشترین تعداد شاخه فرعی در تیمارهای کود گاوی+NPK و کود گاوی مشاهده شد. به نظر می‌رسد در چنین شرایطی نقش کود گاوی به لحاظ بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و به‌ویژه در میزان نگهداری آب بیش از اثر تغذیه‌ای آن باشد.

#### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح کم‌آبیاری و نوع کود مصرفی قرار گرفت ( $P < 0.01$ )



شکل ۱. تأثیر برهمکنش سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی بر تعداد شاخه جانبی سیاهدانه

Fig. 1. Interaction effect of deficit irrigation levels and nutritional resource on branches number of Black cumin

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه تحت تأثیر سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی

Table 4. Analysis of variance (Mean square) of quantitative and qualitative yields of Black cumin as affected by deficit irrigation levels and nutritional recourse

S.O.V	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت HI	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
تکرار Replication	2	188.5ns	2602.7ns	4.97ns	0.005ns	0.175ns	2.07ns	41.08ns
میزان آبیاری (A) Irrigation value	2	237375.9**	1006276.2**	4.2*	0.002*	34.36**	165.3**	6950.3**
اشتباه اول Error 1	4	272.3	1035.6	1.48	0.015	0.094	2.88	75.93
منبع کودی (B) Nutritional recourse	3	237823.3**	744632.0**	265.8**	0.001ns	38.9**	7.66ns	19163.6**
A×B	6	6633.2**	31620.5ns	7.09ns	0.004ns	1.16**	3.45ns	661.8**
خطای دوم Error 2	18	1543.6	14278.7	6.69	0.011	0.241	2.94	44.57
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	12.32	14.85	5.36	6.99	11.27	8.69	13.25

ns = Non-significant. \* = Significant at 5% level. \*\* = Significant at 1% level

مصرفی در شرایط کم‌آبیاری (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر توانسته‌اند گیاه را در جبران خسارت وارده بر اثر کمبود یاری کنند. لال و همکاران (Lal et al, 1993) بیان داشتند گیاهانی که خوب تغذیه می‌شوند و به مقدار کافی عناصر غذایی را دریافت می‌کنند می‌توانند

مصرف کود گاوی NPK، NPK+ و کود گاوی نسبت به شرایط بدون کود در تیمار ۵۰ درصد زراعی به ترتیب باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۲۳، ۹۹ و ۱۱۴ درصد شد، این افزایش در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب برابر با ۱۷۳، ۱۴۲ و ۱۵۶ درصد بود (شکل ۲)؛ بنابراین، کودهای

مثبت آن در بهبود خلل و فرج خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک باشد (Arancon et al, 2004). با این وجود، اختلاف بین تیمارهای کودی در شرایط در شرایط کم‌آبیاری معنی‌دار نبود (شکل ۲).

احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2011) در مطالعه‌ای که روی تنش خشکی و اعمال کودهای آلی و معدنی طی دو سال متوالی روی گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) انجام دادند، دریافتند که در سال اول در شرایط تنش خشکی، کودهای آلی و شیمیایی تفاوتی با یکدیگر نداشتند و تفاوت اصلی بین کودها در شرایط عدم تنش مشاهده شد. در حالی که، در سال دوم مطالعه، کودهای آلی و تلفیقی هم در شرایط تنش و هم در شرایط عدم تنش نسبت به کودهای شیمیایی عملکرد بالاتری داشتند. دلیل اصلی این مسئله به خروج سریع‌تر کودهای شیمیایی در سال اول و نقش کودهای آلی در حفظ رطوبت، ساختمان خاک و خروج تدریجی مواد غذایی نسبت داده شد. در مطالعه حاضر نیز شاید بتوان عدم تفاوت بین انواع کودها در شرایط کم‌آبیاری را به نقش زمان نسبت داد. به عبارتی کودهای آلی در طی زمان و به تدریج مواد غذایی را رها نموده و در بهبود ساختمان خاک مؤثر خواهند بود.

مقاومت بهتری به تنش خشکی داشته باشند. همچنین احمدیان و همکاران (Ahmadian et al, 2011) ذکر کردند که تنش‌هایی مانند شوری و خشکی باعث برهم زدن تعادل تغذیه‌ای گیاهان شده که با مصرف عناصر غذایی مورد نیاز از طریق خاک و یا محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد گیاه تحت تنش را تا حد زیادی بهبود بخشید.

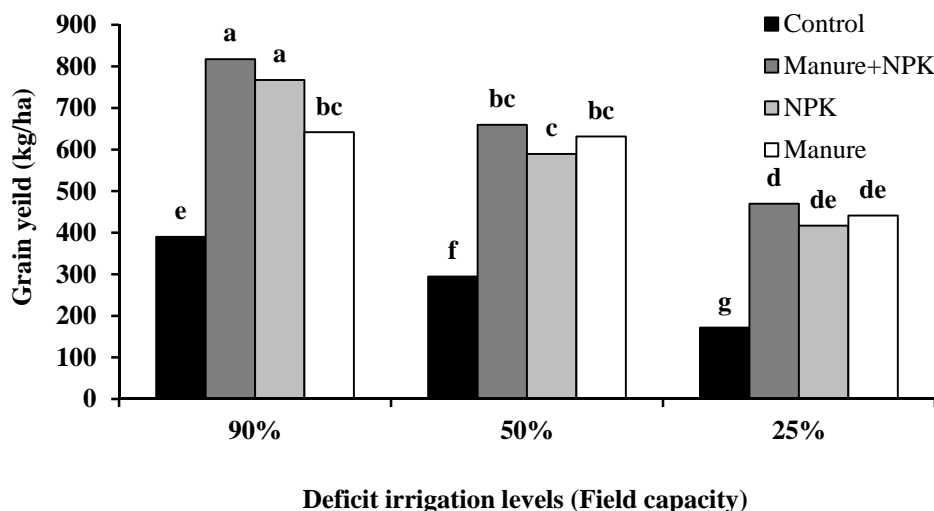
نتایج نشان داد که بین تیمارهای کودی در شرایط عدم کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با این حال، در شرایط افزایش کم‌آبیاری (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) نیز کمترین و بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار کودی NPK و کود گاوی NPK+ به دست آمد (شکل ۳). در شرایط ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان عملکرد دانه سیاهدانه در تیمار کود شیمیایی (۷۶۷ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از کود گاوی (۶۴۲ کیلوگرم در هکتار) بود. اگرچه این روند در شرایط افزایش میزان کم‌آبیاری برعکس بوده و مصرف کود گاوی عملکرد دانه (۶۳۱ و ۴۴۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سطوح کم‌آبیاری ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) بیشتری نسبت به اعمال کود شیمیایی (۵۸۹ و ۴۱۷ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سطوح آبیاری ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) تولید نمود (شکل ۲). افزایش عملکرد گیاه در زمان استفاده از کودهای گاوی در شرایط تنش می‌تواند مربوط به نقش

جدول ۵. تأثیر سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه

تیمار Treatment		عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت HI (%)	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield (kg/ha)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield (kg/ha)
سطوح کم‌آبیاری (ظرفیت زراعی) Irrigation deficit levels (Field capacity)	90%	654.06a	1992.1a	32.26a	1.26b	8.24a	28.51a	144.7a
	50%	543.8b	1780.3b	29.89b	1.30a	7.06b	28.05a	153.2a
	25%	374.8c	1119.3c	33.49a	1.21c	4.57c	21.86b	107.9b
منبع کودی Nutritional recourse	شاهد Control	285.4c	1311.4c	21.26b	1.28a	3.62c	25.12a	69.38c
	کود گاوی + NPK Manure+	648.8a	1958.8a	32.72a	1.28a	8.32a	27.89a	177.1a
	NPK Manure	591.1b	1792.8b	32.56a	1.26a	7.45b	25.28a	146.5b
	کود گاوی Manure	571.5b	1859.2ab	30.54a	1.27a	7.26b	26.28a	148.1b

حروف مشترک برای هر تیمار در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن نیست.

Column means with the same letter are not significantly different by Duncan test ( $p < 0.05$ )



شکل ۲. تأثیر برهمکنش سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی بر عملکرد دانه سیاهدانه  
 Fig. 2. Interaction effect of deficit irrigation levels and nutritional resource on seed yield of Black cumin.

### شاخص برداشت دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح کم‌آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد و منبع کود در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص برداشت دانه اثر معنی‌دار داشته است، ولی این صفت تحت تأثیر اثر متقابل سطوح کم‌آبیاری و منبع کود قرار نگرفت (جدول ۴). کمترین میزان شاخص برداشت (۲۹/۸۹ درصد) در تیمار آبیاری در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. آبیاری در سطح ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (۳۲/۲۶ درصد) و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (۳۳/۴۹ درصد) بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر میزان بیشتری از شاخص برداشت را داشتند (جدول ۵). به نظر می‌رسد با افزایش میزان کم‌آبیاری از ۵۰ به ۲۵ درصد، گیاه به‌عنوان یک راهکار محافظتی میزان زیست‌توده خود را کاهش داده و به بخش زایشی می‌افزاید؛ بنابراین، توانسته است شاخص برداشت بیشتری داشته باشد. همان‌گونه که قبلاً نیز مشاهده شد کاهش ارتفاع گیاه و کاهش تولید شاخ و برگ در شرایط تنش به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی برای گیاهان در جهت جلوگیری از به‌دوررفت آب مفید است (Ahmadian et al., 2011). هر سه کود مصرفی بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر سبب افزایش شاخص برداشت نسبت به شاهد شدند (جدول ۵).

### درصد و عملکرد اسانس

درصد اسانس تحت تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف کم‌آبیاری قرار گرفت ( $P < 0.05$ )، درحالی‌که نوع کود و اثر متقابل بین

### عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر مدیریت آبیاری و منبع کود قرار گرفت است ( $P < 0.01$ ). درحالی‌که، اثر متقابل سطوح کم‌آبیاری و منبع کود معنی‌دار نبود (جدول ۴). با افزایش سطوح کم‌آبیاری از ۹۰ به ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی میزان عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۱۱ و ۴۳ درصد کاهش یافت (جدول ۵). کاهش عملکرد بیولوژیک طی افزایش میزان کم‌آبیاری می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، کاهش سطح برگ و کاهش جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی و هم-چنین افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی باشد (Ashraf and Foolad, 2007).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به مصرف تلفیقی کود گاوی+NPK (۱۹۵۸/۸ کیلوگرم در هکتار) و نیز کاربرد منفرد کود گاوی (۱۸۵۹/۲ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین آن در شاهد (بدون کود دهی) مشاهده شد (جدول ۵). کودهای آلی و به‌ویژه گاوی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی بوده و به‌عنوان منبعی غنی از عناصر غذایی محسوب می‌شوند؛ که علاوه بر تأمین نیاز غذایی گیاهان با بهبود ساختمان فیزیکی خاک و تعادل در بخش شیمیایی آن می‌توانند سبب بهبود رشد گیاه شوند (Chaudhry et al., 1999).



کم‌آبیاری به دلیل اثرات زیان‌بار کمبود آب بر رشد گیاه که خود مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی است است (Kafi et al., 2009)

مصرف عناصر غذایی در همه سطوح کم‌آبیاری سبب افزایش عملکرد اسانس گردید (شکل ۳). عملکرد اسانس برآیندی از درصد اسانس و عملکرد دانه است. این نشان می‌دهد که در این تحقیق تأثیر عملکرد دانه بر عملکرد اسانس بیشتر از نقش درصد اسانس بوده است. فرنز (Franz, 1983) نیز بیان داشت که کاربرد عناصر غذایی سبب گسترش سطح برگ، توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس و بیوسنتز اسانس و مواد مؤثره در گیاهان دارویی می‌شود. هم‌چنین مصرف عناصر غذایی به لحاظ تأثیر بر رشد و عملکرد، روی عملکرد اسانس نیز اثرگذار بود (Chaudhry et al., 1999). بیشترین میزان عملکرد اسانس در مطالعه حاضر در تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و مصرف کود گاوی + NPK (۱۰/۳۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۳). در دیگر سطوح کم‌آبیاری نیز کود گاوی + NPK و کود گاوی به‌تنهایی بیشترین میزان عملکرد اسانس را نشان دادند. افزایش عناصر غذایی خاک و فراهم آوردن قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه از جمله نقش‌های کود گاوی در بهبود عملکرد گیاه و به دنبال آن عملکرد اسانس است (Arancon et al., 2004).

#### درصد و عملکرد روغن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس درصد روغن تنها تحت تأثیر سطوح کم‌آبیاری قرار گرفت ( $P < 0.05$ ) و اثر منبع کود و اثر متقابل و سطوح کم‌آبیاری و منبع کود تیز تأثیری نپذیرفت (جدول ۴). با افزایش میزان کم‌آبیاری از ۹۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، درصد روغن تغییر معنی‌داری نیافت، این‌درحالی است که با افزایش کم‌آبیاری از ۹۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، درصد روغن ۲۳/۳ درصد کاهش معنی‌دار یافت (جدول ۵). کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد (Mohsennia and Azizi et al., 2012). هم‌چنین عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2009) کاهش درصد روغن به‌واسطه تنش خشکی را به کاهش درصد پروتئین نسبت دادند. ایشان ذکر کردند که تنش خشکی سبب تسریع در رسیدگی گیاه شده و فرصت

سطوح کم‌آبیاری و منبع کود اثری بر عملکرد اسانس نداشتند (جدول ۴). با افزایش میزان کم‌آبیاری از ۹۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، درصد اسانس ۳/۱ درصد افزایش معنی‌دار یافت (جدول ۵). درحالی‌که افزایش میزان کم‌آبیاری از ۹۰ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، کاهش ۳/۹ درصدی اسانس سیاهدانه مشاهده شد (جدول ۵). به عبارتی تنش متوسط سبب افزایش درصد اسانس و تنش شدیدتر سبب کاهش آن شد. از آنجایی که، اسانس‌ها جزئی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و گیاه معمولاً در هنگام دریافت تنش محیطی میزان این مواد را در اندام خود افزایش می‌دهد (Moradi et al., 2011)، در آزمایش حاضر نیز به نظر می‌رسد قرارگیری گیاه در شرایط تنش خشکی باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه آن از جمله درصد اسانس شده است. حقیرالسادات و همکاران (Haghiroalsadat et al., 2011) نیز اظهار داشتند که تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله تنش‌های زیستی و غیر زیستی است. ربی و همکاران (Reby et al., 2012) نشان دادند که در زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، تنش متوسط نسبت به تنش شدید و شاهد سبب تولید اسانس بیشتری می‌شود.

رضایی چپانه و پیرزاد (Rezaiechianeh and Pirzad, 2013) اشاره داشتند که همیشه همراه با بالا رفتن میزان تنش، درصد اسانس نمی‌تواند افزایش یابد؛ زیرا در تنش‌های بالا گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید تنظیم‌کننده‌های اسمزی مانند پرولین، گلیسین-بتائین و ترکیبات قندی از جمله ساکاروز، فروکتوز و فروکتان کرده تا بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد و در مقابل تنش مقاومت نماید. نتایج آن‌ها نشان داد که افزایش تنش از ۶ به ۱۸ روز کاهش ۲۰ درصدی اسانس سیاهدانه را به همراه داشته است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد اسانس سیاهدانه تحت تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری، منبع کود و اثر متقابل بین آن‌ها قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۴). نتایج تحقیقات دیگران نشان داده است که با افزایش دور آبیاری کاهش عملکرد اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) شد (جدول ۵). از آنجاکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد گیاه است عوامل مؤثر بر این اجزا روی عملکرد اسانس نیز تأثیرگذار خواهند بود. در مطالعه حاضر نیز به نظر می‌رسد کاهش عملکرد اسانس در هر دو سطح

بیشتر به دلیل نقش مثبت آن در افزایش ظرفیت نگهداری آب و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی (Chaudhry et al., 1999) باشد. نتایج مشابه توسط صالحی و همکاران (Salehi et al., 2014) گزارش شده است.

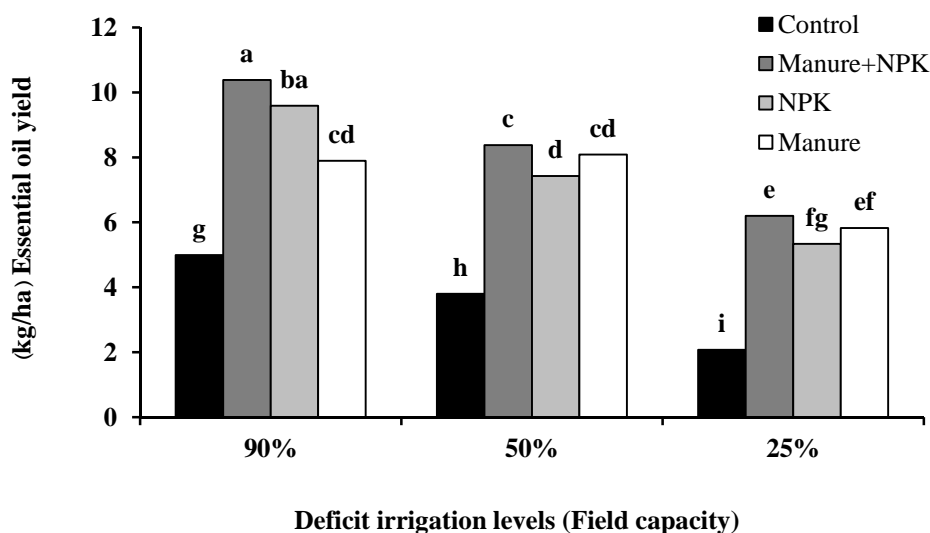
### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که مصرف کود گاوی+NPK نسبت به بقیه تیمارهای کودی هم در شرایط تنش و هم در شرایط عدم تنش بیشترین تأثیر را در عملکرد کمی و کیفی سیاه‌دانه داشته است. کودهای گاوی با بهبود ساختمان فیزیکی، برقراری تعادل در بخش شیمیایی و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک در شرایط تنش خشکی تا حدی نیاز آبی و همچنین نیاز غذایی گیاه را فراهم می‌کنند. همچنین NPK از طریق تأمین نیازهای غذایی سیاه‌دانه در جهت ایجاد مقاومت به خشکی نقش‌های اساسی ایفا کرد. با این حال در شرایط کم‌آبیاری، کود گاوی نیز در بسیاری صفات با کود گاوی+NPK برابری می‌کرد؛ بنابراین به نظر می‌رسد در چنین شرایطی نقش کود گاوی به لحاظ تأثیری که بر ساختمان فیزیکی خاک می‌گذارد مهم‌تر از نقش تغذیه‌ای کودهای شیمیایی بوده و قابل توصیه است.

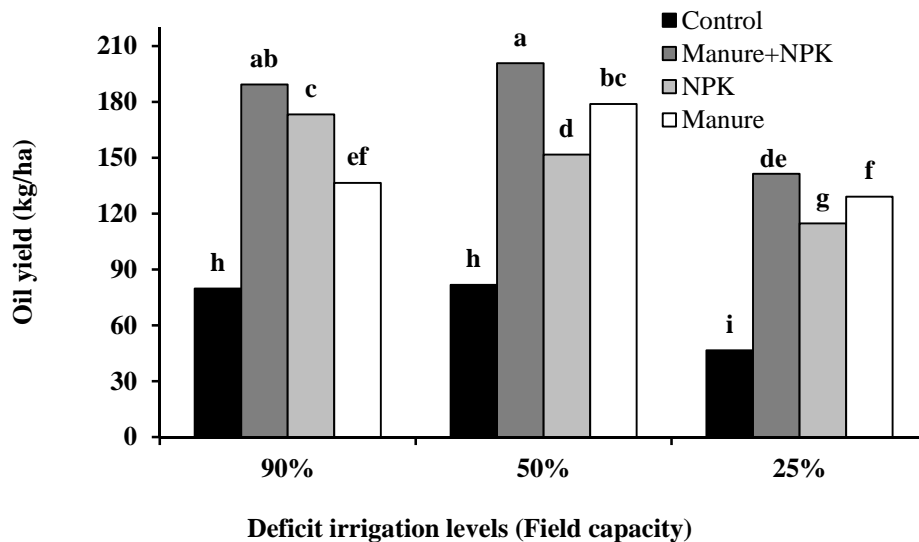
کافی برای سنتز روغن از پروتئین ذخیره‌شده را به گیاه نمی‌دهد.

عملکرد روغن تحت تأثیر سطوح کم‌آبیاری، منبع کود و اثر متقابل بین آن‌ها قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۴). میزان عملکرد روغن با کاهش میزان آبیاری از ۹۰ (۱۴۴/۷) کیلوگرم در هکتار) به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (۱۰۷/۹) کیلوگرم در هکتار) کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۵). با توجه به اینکه عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن است با افزایش میزان کم‌آبیاری روی هر دو جزء اثر منفی گذاشته و به دنبال آن عملکرد روغن را نیز کاهش یافته است.

کمترین میزان عملکرد روغن در تیمار آبیاری با ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و شاهد (بدون کود) مشاهده شد (شکل ۴). بیشترین عملکرد روغن نیز در سطح آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کود گاوی+NPK به دست آمد. در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نیز همچنان بیشترین میزان عملکرد روغن در تیمار کود گاوی+NPK بود (شکل ۴). در شرایط آبیاری در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تیمار کود گاوی نسبت به تیمار NPK سبب افزایش حدود ۱۸ درصدی عملکرد روغن شد. در تیمار انجام آبیاری در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، این افزایش حدود ۱۳ درصد برآورد شد (شکل ۴). تأثیر مثبت کود گاوی در بهبود عملکرد روغن می‌تواند



شکل ۳. تأثیر برهمکنش سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی بر عملکرد اسانس سیاه‌دانه  
 Fig. 3. Interaction effect of deficit irrigation levels and nutritional resource on essential oil yield of Black cumin.



شکل ۴. تأثیر برهمکنش سطوح کم‌آبیاری و منبع کودی بر عملکرد روغن سیاهدانه

Fig. 4. Interaction effect of deficit irrigation levels and nutritional resource on oil yield of Black cumin

#### منابع

- Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahshar, B., 2012. Study of the yield and its components of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic and inorganic fertilizers using and their residue. *Journal of Agroecology*. 3(3), 383-395. [In Persian with English summary].
- Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K.A., Mardan, A., Ahmad, M., Iqbal M.M., 2004. Effect of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soil and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant, Soil and Environment*. 50, 463-469.
- Ali, Q., Ashraf, M., Athar, H.R., 2007. Exogenously applied proline at different growth stages enhances growth of two maize cultivars grown under water deficit conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 39, 1133-1144.
- Andrew, K.B., Hammer, G.L., Henzell, R.G., 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. Dry matter production and yield. *Crop Science* 40, 1037-1048.
- Arancon, N.Q., Galvis, P.A., Edwards, A., 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plant by vermicomposts. *Bioresour Technol*. 96 (10), 1137-1142.
- Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine, betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59, 206-216.
- Azizi, A., Yan, F., Honermeier, A., 2009. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops and Products*. 29, 554-561.
- G. Calamita, Brocca, L., Perrone, A., Piscitelli, S., Lapenna, V., Melone, F., Moramarco, T., 2012. Electrical resistivity and TDR methods for soil moisture estimation in central Italy test-sites. *Journal of Hydrology*. 455, 101-112.
- Chaudhry, M.A., Rehman, A., Naeem, M.A., Mushtaq, N., 1999. Effect of organic and inorganic fertilizers on nutrient contents and some properties of eroded loess soils. *Pakistan Journal of Soil Science*. 16, 63-68.
- Clevenger, J.H., 1928. Apparatus for the determination of volatile oil. *Journal of the American Pharmaceutical Association*. 17, 345-349.
- Fernandez, R., Scull, R., Gonzales, J.L., Crespo, M., Sanchez, E., and Carballo, C., 1993. Effect of fertilization on yield and quality of *Matricaria reculita* L. (Chamomile). Aspects of mineral nutrition of the crop. *Memorias 11<sup>th</sup> Congreso Latino Americano de la Ciencia del*

- Suelo. 2ed Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo 3, 891-894.
- Franz, C.h., 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulture. 132,203-216.
- Ghorbanli, M., Bakhshi Khaniki, G.R., Salimi Elizei, S., Hedayati, M., 2011. Effect of water deficit and its interaction with ascorbate on proline, soluble sugars, catalase and glutathione peroxidase amounts in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 26 (4), 467-476. [In Persian with English Summary].
- Guenther, E., 1961. The Essential Oils. D. von Nostrand Comp. Press, New York.
- Haghiroalsadat, F., Vahidi A., Sabour M., Azimzadeh M., Kalantar M., Sharafadini M. 2011. The Indigenous *Cuminum Cyminum* L. of Yazd Province: Chemical Assessment and Evaluation of its Antioxidant Effects. Journal of Shahid Sadoughi University of Medicinal Science; 19(4), 472-81. [In Persian with English Summary].
- HashemiDezfooli, A., Koocheki, A., 1995. Increasing crops yields. Jihad Deneshgahi of Mashhad Press. 360 p. [In Persian].
- Hassani, A., 2005. Effect of water deficit on growth, yield and essential oil herb Badrshbov. Iranian Journal of Medicinal Aromatic Plants. 22(3), 256-261. [In Persian with English Summary].
- Heydari, M., Jahan-tighi, H., 2012. Effect of drought stress and nitrogen levels on yield and yield components, essential oil and thymoquinone percentage of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences. 5, 33-40. [In Persian with English Summary].
- Johnson, C.M., Ulrich, A., 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Bulletin of the California Agricultural Experiment Station. 766: 52-78.
- Kafi, M., Borzuei, M., Salehi, M., Kamandi, A., Masoomi, A., Nabati, J., 2009. Plant physiology in environmental stresses. Jihad Daneshgahi of Mashhad press. 502 p. [In Persian].
- Lal, P., Chhipa, B.R., Kumar, A., 1993. Salt affected soil and crop production: A modern synthesis. Agro Botanical Publishers, India. 375 pp.
- Mandal, A.R., Maity, R.G., 1993. Effect of some chemicals and micro climatic factors on germination of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed. Journal of Horticulture. 6, 115-120.
- Mohsen Nia, O., Jalilian, J., 2012. Effects of drought stress and fertilizer sources on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology. 4 (3), 235-245. [In Persian with English Summary].
- Moradi, R., Nassiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., Nejhadali, A., 2011. Effect of biological and organic fertilizers on essential oil quantity and quality of fennel. Iranian Journal of Horticultural science. 25, 25-33. [In Persian with English Summary].
- Rebey, B.I., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., Marzouk, B., 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products. 36, 238-245.
- RezaeiChiyaneh, E., Pirzad, A., 2013. Effect of salicylic acid on yield, yield component and essential oil of black cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 12 (3), 427-437. [In Persian with English Summary].
- Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi, M., Ramrodi, M., 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 27(3), 384-396. [In Persian with English Summary].
- Salehi, A., Fallah, S., Iranipour, R., Abbasi Surki, A., 2014. Effect of application time of integrated chemical fertilizer with cattle manure on growth, yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology. 6(3), 495-507. [In Persian with English Summary].
- Tavakoli, M., Saberi, M., Sedaghat, M. 1987. Medicinal plants. Roozbahan Press. 190 p. [In Persian].