

فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۷، شماره ۳، صفحه ۳۹۶-۳۸۴ (۱۳۹۰)

تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)

علیرضا رضاپور^۱، مصطفی حیدری^{۲*}، محمد گلوی^۳ و محمود رمرودی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه زابل

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت، دانشگاه زابل، پست الکترونیک: Haydari2005@gmail.com

۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه زابل

۴- استادیار، گروه زراعت، دانشگاه زابل

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۸۹

تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۸

چکیده

به منظور بررسی اثرهای تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خورده شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸ در شهرستان قائن اجرا گردید. تیمارهای خشکی به صورت آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان عامل اصلی و چهار سطح کود گوگرد شامل ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار از منبع گوگرد بنتونیت‌دار به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گیاه دارویی سیاه‌دانه دارد. به طوری که عملکرد دانه در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر در مقایسه با تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک ۲۲/۸٪ کاسته شد. تنش خشکی بجز وزن هزاردانه، تأثیر معنی‌داری بر کلیه اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول داشته و سبب کاهش آنها گردید. به نحوی که بیشترین مقدار کاهش در بالاترین سطح تنش مربوط به تعداد دانه در کپسول به میزان ۳۱/۶۴٪ بود. به طوری که تحت تنش خشکی میزان دو تنظیم‌کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین افزایش و از درصد اسانس و عملکرد اسانس دانه گیاه سیاه‌دانه کاسته شد. کاربرد کود گوگرد سبب افزایش عملکرد دانه شد و مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد عملکرد دانه را ۷/۲٪ افزایش داد. بنابراین تأثیر معنی‌دار و مثبت کود گوگرد بر کلیه اجزای عملکرد دانه، تنظیم‌کننده‌های اسمزی و عملکرد اسانس به‌ویژه تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد و اجزای عملکرد دانه، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، تنش خشکی، گوگرد، سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.).

مقدمه

در این فلات پهنه اصلی انتشار جوامع گیاهی متعلق به کشور ایران است. در میان فلور غنی ایران که بیش از ۷۵۰۰ گونه گیاهی را در بر می‌گیرد، تعداد بسیاری از آنها

فلات ایران از اقلیم‌های گوناگونی برخوردار است، به‌همین دلیل گونه‌های گیاهی متنوعی در آن انتشار دارند.

می‌آید، تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی در اثر انباشت ترکیب‌های آلی و معدنی در بافت‌ها به‌وجود می‌آید (Good & Zaplachinski, 1994).

Munne-Bosch و Alegre (۱۹۹۹) در بررسی تنش خشکی بر گیاه بادرنجبویه گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش ۳ مگاپاسکالی پتانسیل آب گیاه، کاهش ۳۴ درصدی محتوای آب برگ (Relative water contain (RWC))، بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه سبب پایین آمدن جذب دی‌اکسید کربن و کاهش عملکرد می‌شود. Sayed (۱۹۹۲) در بررسی‌های خود بر روی فلفل بیان داشت که میزان پرولین گیاه در شرایط تنش خشکی به‌خصوص در ریشه‌ها افزایش می‌یابد. بالا رفتن میزان پرولین و کربوهیدرات در بخش‌های مختلف گیاهان به نوعی بیانگر فعال شدن سیستم تنظیم اسمزی در طی مواجه شدن با تنش می‌باشد.

در طی بروز تنش خشکی به سبب بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می‌شود (Grattan & Grieve, 1998). گوگرد، عنصری حیاتی برای تغذیه گیاهان به‌شمار می‌رود. نقش گوگرد در گیاهان در ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات می‌باشد. مقدار گوگرد مورد نیاز برای تولید هر تن دانه‌های روغنی ۱۲ کیلوگرم، برای بقولات ۸ کیلوگرم و برای غلات ۴ کیلوگرم است. در بیشتر محصولات کشاورزی نسبت ازت به گوگرد (N/S) لازم است در محدوده ۱۵-۱۰ و در دانه‌های روغنی این نسبت برای دستیابی به افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، باید کمتر از ۱۰ باشد (McGrath & Zhao, 1996). Isuwan و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی مقادیر مختلف سولفات

را گیاهانی تشکیل می‌دهند که برخی از آنها به سبب دارا بودن خاصیت درمانی، دارویی نامیده می‌شود (زرگری، ۱۳۶۸).

در بین گیاهان دارویی، جنس *Nigella* از خانواده Ranunculaceae حدود ۸ گونه در ایران دارد (مظفریان، ۱۳۷۵). سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) یکی از گونه‌های مهم این خانواده است که به‌طور طبیعی در نقاط مختلف ایران بعمل می‌آید. سیاه‌دانه گیاهی یکساله، گلدار و بومی منطقه جنوب غرب آسیاست. در ایران این گیاه به‌ویژه در اراک و اصفهان به فراوانی می‌روید و از دانه‌های آن به‌عنوان ادویه استفاده می‌شود. به دلیل داشتن ماده‌ای موسوم به تیموکیتون، این گیاه دارای اثر ضدتشنجی است. همچنین در دانه‌های آن اثر ضدتوموری و ضدباکتریایی نیز مشاهده شده‌است. از اسانس گیاه سیاه‌دانه ماده‌ای به نام نیژلون استخراج می‌شود که می‌تواند اثر قاعده‌آور، کرم‌کش، مسهل و زیادکننده ترشحات شیر داشته باشد (Riaz et al., 1996).

علاوه بر خودرو بودن این گیاه، به سبب کاربرد فراوان آن در صنایع داروسازی، در نقاط مختلف کشور به میزان فراوانی کشت می‌شود (مظفریان، ۱۳۷۵؛ زرگری، ۱۳۶۸). در این بین عوامل محدودکننده محیطی می‌توانند تأثیر نامطلوبی بر رشد و تولید آن داشته باشند. خشکی یکی از مهمترین بازدارنده‌های تولید گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا به‌شمار می‌رود (Reddy et al., 2004). کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان در شرایط تنش خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آنها می‌گردد. از مکانیسم‌های کارآمدی که به هنگام مواجه شدن با خشکی برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی در گیاهان به‌وجود

از این رو، هدف از این آزمایش بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر تغییرات عملکرد، اجزای عملکرد دانه، دو تنظیم کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین و تعیین رابطه آنها با تغییرات درصد و عملکرد اسانس در گیاه دارویی سیاه دانه می باشد.

مواد و روشها

این بررسی در بهار سال ۱۳۸۸ در شهرستان قائن با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۴۳۲ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه در طول دوره آماری ۲۰ ساله برابر ۱۷۵ میلی متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب ۵- و ۲۰ درجه سانتی گراد و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک به شمار می رود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ آورده شده است.

آمونیم بر روی *Digitaria eriantha* نتیجه گرفتند که همبستگی مثبت و معنی داری بین میزان مصرف کود گوگرد و بیوماس تولیدی در دو هفته اول رشد این گیاه وجود دارد. همچنین آنها مشاهده کردند که با افزایش مصرف گوگرد، غلظت گوگرد و پروتئین خام در برگها و همچنین عملکرد پروتئین خام در هکتار به طور معنی داری افزایش می یابد. Ahmed و همکاران (۱۹۹۵) گزارش دادند با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار، غلظت نیتروژن در علوفه سورگوم از ۱/۴۷٪ به ۱/۵۵٪ افزایش می یابد. Zhao و McGrath (۱۹۹۶) بیان داشتند که مصرف گوگرد باعث افزایش عملکرد کلزا می شود. Babuchowski (۱۹۷۱) علت افزایش عملکرد کلزا در اثر مصرف گوگرد را افزایش تعداد دانه در غلاف ذکر نمود. همچنین مصرف گوگرد در کلزا باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شده که دلیل آن می تواند به نقش مهم گوگرد در بهبود فرایند فتوسنتز باشد (Marschner, 1995).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی متری قبل از کاشت

بافت خاک	رس		لای	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
	ش	ص						
لومی شنی	۴۱	۳۳	۲۶	۱۹۴	۱۳	۵/۴	۷/۶	۱/۸

از منبع گوگرد بنتونیت دار به عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شدند.

در زمین محل آزمایش پس از عملیات شخم و تهیه بستر، کرت هایی به ابعاد ۲×۳ متر تهیه شد. فاصله بین کرت های آزمایش از هم نیم متر و بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. مقادیر لازم کود گوگرد قبل از کاشت در

آزمایش به صورت کرت های خرد شده و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. خشکی به عنوان تیمار اصلی در سه سطح به صورت آبیاری پس از $W_1=50$ ، $W_2=100$ و $W_3=150$ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و چهار سطح کود گوگرد شامل $S_0=0$ ، $S_1=75$ ، $S_2=150$ و $S_3=225$ کیلوگرم در هکتار

کرت‌های مربوطه با خاک مخلوط شد، عملیات کاشت در نیمه اول اسفند ماه ۱۳۸۷ به روش دستی و به صورت جوی و پشته انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف از هم ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند.

تا زمان سبز شدن، آبیاری به صورت سطحی و در فواصل هر دو روز یک‌بار انجام می‌شد. بعد از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها، عملیات تنک و وجین علف‌های هرز انجام شد. ۱۵ روز بعد از سبز شدن تیمار خشکی اعمال گردید. زمان آبیاری برای هر سطح تیمار خشکی، براساس تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تعیین شد. آبیاری با استفاده از سیفون انجام شد. قبل از اجرای طرح براساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم از منبع اکسید پتاسیم مصرف شد. کود نیتروژن در دو مرحله (دو سوم پیش از کاشت، یک سوم بعد از تنک کردن) و کودهای فسفره و پتاس پیش از کاشت به خاک اضافه گردید.

در پایان دوره و پس از رسیدگی نهایی برای تعیین عملکرد دانه بعد از حذف حاشیه، بوته‌های واقع در یک مترمربع وسط هر کرت برداشت شدند. به منظور جلوگیری از ریزش بذرها، برداشت قبل از باز شدن کپسول‌ها انجام شد که بوته‌ها زرد شده و حداقل ۸۰٪ کپسول‌ها رسیده بودند. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد دانه، شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه از هر کرت ده بوته به صورت تصادفی برداشت و ویژگی‌های مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری درصد اسانس از روش تقطیر و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد (El-Sayed *et al.*, 2000). بدین منظور از هر کرت یک نمونه ۳۰ گرمی از دانه‌ها که کاملاً پودر شده بودند همراه با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون بالن ۱۰۰۰ سی‌سی قرار داده و سه ساعت حرارت داده شد. در اثر حرارت و فشار بخار آب غده‌های حاوی اسانس شکسته و اسانس همراه با بخار آب وارد مبرد گردید. در مبرد عمل میعان صورت گرفته و قطرات اسانس درون آب به صورت دو فاز مشخص به طرف لوله مدرج حرکت می‌کند که به دلیل سبک‌تر بودن اسانس نسبت به آب، اسانس روی آب تجمع پیدا می‌کند و آب اضافی از طریق لوله رابط به بالن باز می‌گردد. سپس با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن اسانس اندازه‌گیری گردید. پس از محاسبه درصد وزنی اسانس در دانه‌ها، عملکرد آن در واحد سطح (بر حسب کیلوگرم در هکتار) تعیین شد.

برای اندازه‌گیری دو تنظیم‌کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین قبل از اتمام دوره رشد و زرد شدن گیاهان نمونه‌هایی از برگ‌های سبز که جوانتر از سایر برگ‌ها بودند (معمولاً بالاترین و جوانترین برگ‌های روی ساقه) تهیه شد. کربوهیدرات محلول از روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) با استفاده از اتانول ۹۵٪ و براساس روش اسید سولفوریک استخراج شد. پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. در پایان داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. برای رسم نمودارها و جدولها از برنامه EXCEL استفاده گردید.

نتایج

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر عملکرد دانه سیاه‌دانه دارد (جدول ۲) و سبب کاهش عملکرد گردید (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۸۵۳/۴۲ کیلوگرم در هکتار از تیمار عدم تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و کمترین آن با میانگین ۶۵۹/۲۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک (W_3) بدست آمد. به‌عبارت دیگر، تیمار W_3 منجر به کاهش ۲۲/۸ درصدی عملکرد دانه سیاه‌دانه نسبت به تیمار بدون تنش گردید (جدول ۳).

مصرف کود گوگرد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه سیاه‌دانه داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۷۷۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار (۷/۳٪ بیشتر از تیمار عدم مصرف گوگرد) از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار (S_3) بدست آمد (جدول ۳). اثر متقابل تنش خشکی و گوگرد هر چند تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (جدول ۲)، اما نشان داد که استفاده از کود گوگرد تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تا حدی می‌تواند مانع کاهش عملکرد دانه در بالاترین سطح تنش خشکی (۱۵۰ میلی‌متر از سطح تشتک تبخیر) شود (جدول ۴).

اجزای عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تنش خشکی بجز وزن هزاردانه، بر اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول تأثیر معنی‌داری دارد. همچنین تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس و عملکرد اسانس داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین

بیوماس (۲/۸۲ گرم در بوته)، تعداد کپسول در بوته (۱۲/۴۲)، تعداد دانه در کپسول (۳۱/۶۴)، درصد وزنی اسانس (۱/۵۶٪) و عملکرد اسانس (۱۳/۳۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار W_1 و کمترین آنها از تیمار W_3 بدست آمد. با افزایش تنش خشکی از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، از میزان بیوماس تولیدی به مقدار ۳۸/۷٪ کاسته شد؛ این کاهش برای تعداد کپسول در بوته ۳۹/۹٪، برای تعداد دانه در کپسول ۳۰/۷٪، برای اسانس ۲۷/۶٪ و برای عملکرد اسانس معادل ۴۴/۰۶٪ بود (جدول ۳).

تیمار کود گوگرد در این آزمایش بجز بر تعداد دانه در کپسول، تأثیر معنی‌داری بر سایر اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس، تعداد کپسول در بوته و وزن هزاردانه نداشت. تأثیر تیمار گوگرد بر درصد اسانس و عملکرد اسانس در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). هر چند اثر تیمار گوگرد بر اجزای عملکرد دانه شامل بیوماس تولیدی، تعداد کپسول در بوته و وزن هزاردانه معنی‌دار نبود، اما استفاده از ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار منجر به افزایش ۱۷/۹۶٪ میزان بیوماس، ۲۱/۷٪ تعداد کپسول در بوته و ۲۴/۲٪ تعداد دانه در کپسول نسبت به شاهد گردید. همچنین بیشترین درصد اسانس (۱/۳۹) و بیشترین عملکرد اسانس (۱۰/۸۷ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (S_2) بدست آمد (جدول ۳).

اثر متقابل تنش خشکی و کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). در زمان بروز بیشترین تنش خشکی (W_3) بیشترین درصد اسانس و عملکرد اسانس از مصرف ۷۵ کیلوگرم گوگرد (W_3S_1)، و بیشترین تعداد دانه در کپسول از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد (W_3S_2) بدست می‌آمد. کمترین مقادیر هر یک از صفات مورد بررسی نیز مربوط به تیمار W_3S_0 بودند (جدول ۴).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و تنظیم کننده‌های اسمزی سیاه‌دانه

میانگین مربعات											
منابع تغییر	درجه آزادی	بیوماس	ارتفاع	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه	درصد وزنی اسانس	عملکرد اسانس	عملکرد دانه	پرولین	کربوهیدرات
تکرار	۲	۰/۱۱ ns	۳/۶۱ ns	۲/۲۵ ns	۱۰/۵۳ ns	۰/۴۲ ns	۰/۰۱۰ ns	۱/۳۳ ns	۳۴۳۸/۰۴ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۴۷ ns
تنش خشکی	۲	۳/۸۴ **	۲۶۵/۵۳ **	۷۵/۹۱ **	۲۹۹/۶۵ **	۰/۱۴ ns	۰/۵۶۰ **	۱۰۶/۰۱ **	۱۱۳۵۷۰/۷۴ **	۱۲/۸۰ **	**۸۲/۴۷
خطای a	۴	۰/۵۳	۱۳/۹۵	۱/۶۱	۱۵/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۱۴	۱/۶۶	۴۸۱۵/۹۱	۰/۱۱۸	۰/۳۱
گوگرد	۳	۰/۲۹ ns	*۴۳/۸۹	۱/۶۵ ns	۷۹/۹۲ **	۰/۱۹ ns	۰/۰۳۹ **	۶/۰۷ **	۷۰۲۰/۵۴ *	۱۱/۲۵ **	۰/۲۵ ns
خشکی × گوگرد	۶	۰/۰۰۹ ns	۳/۷۴ ns	۰/۴۲ ns	۱/۰۴ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۵ *	۱/۱۱ ns	۱۷۰۸/۱۷ ns	۰/۴۶ **	۰/۰۵ ns
خطای b	۱۸	۰/۳۱	۱۱/۸۰	۱/۲۳	۱۰/۸۷	۰/۱۴	۰/۰۰۱۹	۰/۶۶	۲۰۶۳/۴۶	۰/۰۷۴	۰/۹۴
ضریب تغییرات	-	۱۳/۷۶	۱۴/۰۱	۱۱/۴۷	۱۲/۰۱	۱۷/۶۸	۳/۳۴	۸/۰۲	۶/۰۸	۴/۰۱	۷/۲۷

ns، *، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و تنظیم‌کننده‌های اسمزی سیاه‌دانه در تیمارهای تنش خشکی و گوگرد

تیمار	بیوماس (گرم در بوته)	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه (گرم)	درصد وزنی اسانس	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	کربوهیدرات (میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر)
W ₁	۲/۸۲ a	۲۸/۸۸ a	۱۲/۴۲ a	۳۱/۶۴ a	۲/۰۸ a	۱/۵۶ a	۱۳/۳۷ a	۸۵۳/۴۲ a	۵/۶۲ b	۱۱/۲۸ c
W ₂	۲/۵۳ ab	۲۵/۱۴ a	۹/۱۶ b	۲۸/۸۳ a	۲/۱۰ a	۱/۳۰ b	۹/۷۲ b	۷۴۵/۴۸ b	۷/۲۰ a	۱۲/۴۰ b
W ₃	۱/۷۳ b	۱۹/۵۳ b	۷/۴۷ c	۲۱/۹۳ b	۲/۲۷ a	۱/۱۳ c	۷/۴۸ c	۶۵۹/۲۶ c	۷/۵۶ a	۱۶/۲۸ a
S ₀	۲/۱۷ a	۲۱/۲۹ b	۹/۲۶ a	۲۳/۰۹ b	۲/۳۶ a	۱/۲۴ c	۹/۰۱ c	۷۱۷/۰۲ b	۵/۱۹ c	۱۳/۰۸ a
S ₁	۲/۲۹ a	۲۴/۸۸ a	۹/۴۰ a	۲۸/۰۶ a	۲/۱۱ a	۱/۳۵ ab	۱۰/۰۲ b	۷۲۹/۰۱ a	۶/۸۶ b	۱۳/۴۳ a
S ₂	۲/۳۹ a	۲۵/۹۴ a	۹/۸۸ a	۲۹/۴۹ a	۲/۰۹ a	۱/۳۹ a	۱۰/۸۷ a	۷۶۷/۲۳ a	۷/۵۹ a	۱۳/۳۳ a
S ₃	۲/۶۰ a	۲۵/۹۵ a	۱۰/۱۹ a	۲۹/۲۱ a	۲/۰۳ a	۱/۳۳ b	۱۰/۵۶ ab	۷۷۳/۶۲ a	۷/۵۴ a	۱۳/۴۴ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری ندارند.

W₁= آبیاری پس از ۵۰، W₂=۱۰۰ و W₃=۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A

S₀= مقادیر ۰، S₁=۷۵، S₂=۱۵۰ و S₃=۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و گوگرد عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و تنظیم‌کننده‌های اسمزی سیاه‌دانه

صفات	بیوماس (گرم در بوته)	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزاردانه (گرم)	درصد وزنی اسانس	عملکرد	عملکرد	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)	کربوهیدرات (میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر)
							دانه	اسانس		
							(کیلوگرم در هکتار)			
W ₁	S ₀	۲/۵۹ abcd	۲۵/۰۲ abcd	۱۱/۴۸ a	۲۶/۷۰ bcd	۲/۳۵ a	۱/۴۳ c	۱۱/۷۸ bc	۴/۳۵ g	۱۱/۱۸ b
	S ₁	۲/۷۲ abc	۲۷/۹۱ ab	۱۲/۱۰ a	۳۱/۶۷ ab	۲/۰۱ a	۱/۵۷ b	۱۲/۸۴ b	۶/۰۴ e	۱۱/۲۱ b
	S ₂	۲/۸۵ ab	۳۱/۰۸ a	۱۲/۶۶ a	۳۴/۳۰ a	۱/۹۹ a	۱/۶۶ a	۱۴/۳۹ a	۶/۰۷ e	۱۱/۲۲ b
	S ₃	۳/۱۵ a	۳۱/۴۹ a	۱۳/۴۳ a	۳۳/۸۹ a	۱/۹۵ a	۱/۵۸ b	۱۴/۴۸ a	۶/۰۲ e	۱۱/۵۰ b
W ₂	S ₀	۲/۳۸ abcd	۲۲/۰۰ bcde	۸/۹۰ bc	۲۴/۵۰ cd	۲/۲۰ a	۱/۲۱ e	۸/۷۹ efg	۵/۵۰ f	۱۲/۱۴ b
	S ₁	۲/۴۶ abcd	۲۵/۷۰ abcd	۸/۹۹ bc	۲۹/۸۰ abc	۲/۰۷ a	۱/۳۰ d	۹/۳۶ def	۷/۰۸ d	۱۲/۵۴ b
	S ₂	۲/۶۰ abcd	۲۶/۲۹ abcd	۹/۳۸ b	۳۰/۶۱ abc	۲/۱۰ a	۱/۳۸ c	۱۰/۸۱ cd	۷/۹۲ bc	۱۲/۴۲ b
	S ₃	۲/۷۱ abc	۲۶/۵۷ abc	۹/۳۶ b	۳۰/۴۰ abc	۲/۰۲ a	۱/۳۰ d	۹/۹۱ de	۸/۳۲ ab	۱۲/۵۲ b
W ₃	S ₀	۱/۵۵ d	۱۶/۸۵ e	۷/۴۲ bc	۱۸/۰۸ e	۲/۵۳ a	۱/۰۷ f	۶/۶۷ h	۵/۷۲ ef	۱۵/۹۳ a
	S ₁	۱/۷۰ cd	۲۱/۰۳ cde	۷/۱۱ c	۲۲/۷۱ de	۲/۲۶ a	۱/۲۰ e	۸/۰۶ fgh	۷/۴۷ cd	۱۶/۵۳ a
	S ₂	۱/۷۴ cd	۲۰/۴۴ cde	۷/۵۸ bc	۲۳/۵۷ de	۲/۱۷ a	۱/۱۴ ef	۷/۶۶ gh	۸/۷۸ a	۱۶/۳۶ a
	S ₃	۱/۹۵ bcd	۱۹/۸۰ de	۷/۷۸ bc	۲۳/۳۵ de	۲/۱۳ a	۱/۱۳ ef	۷/۵۴ gh	۸/۲۸ b	۱۶/۲۹ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری ندارند.

W₁ = آبیاری پس از ۵۰، W₂ = ۱۰۰ و W₃ = ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشنگ تبخیر کلاس A

S₀ = مقادیر ۰، S₁ = ۷۵، S₂ = ۱۵۰ و S₃ = ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار

تنظیم‌کننده‌های اسمزی

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان تجمع دو تنظیم‌کننده اسمزی پرولین و کربوهیدرات داشت (جدول ۲) و با افزایش تنش خشکی بر میزان تجمع آنها در بافت سبز برگ سیاه‌دانه به‌طور معنی‌داری افزوده شد (جدول ۳). به‌طوری که بیشترین مقدار پرولین با میانگین $7/56$ میکرومول در گرم وزن تر برگ و کربوهیدرات با میانگین $16/28$ میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر برگ از تیمار W_3 و کمترین مقادیر آنها از تیمار W_1 بدست آمد. به‌نحوی که میزان افزایش مقادیر پرولین و کربوهیدرات در تیمار W_3 نسبت به تیمار W_1 به‌ترتیب معادل $25/7\%$ و $30/8\%$ بودند (جدول ۳).

کود گوگرد تأثیر معنی‌داری بر میزان پرولین برگ داشت ولی تأثیر آن بر کربوهیدرات معنی‌دار نبود (جدول ۲). به‌نحوی که بیشترین مقدار پرولین به میزان $7/59$ میکرومول در گرم وزن تر برگ از تیمار 150 کیلوگرم گوگرد حاصل شد و با افزایش مصرف گوگرد به میزان 225 کیلوگرم در هکتار از مقدار پرولین برگ کاسته شد (جدول ۳). اثر متقابل تنش خشکی و گوگرد برای کربوهیدرات معنی‌دار نبود، اما اثر معنی‌داری بر پرولین داشت، به‌طوری‌که در تیمار W_3 بیشترین میزان پرولین مربوط به S_2 بود (جدول ۴).

بحث

تنش خشکی یکی از عوامل مهم کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی، باغی و دارویی به‌شمار می‌رود. با توجه به گونه گیاهی، شدت و مدت تنش و نیز مرحله رشدی گیاه، میزان تأثیر خشکی بر عملکرد دانه تغییر می‌کند (Good & Zaplachinski, 1994). در این آزمایش

مشخص گردید که تنش خشکی در حد 150 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر منجر به کاهش عملکرد دانه گیاه دارویی سیاه‌دانه به میزان $22/8\%$ نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳). صفی‌خانی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقات خود بر روی گیاه دارویی بادرشبو گزارش کردند که تنش خشکی در حد 40% ظرفیت زراعی مزرعه موجب کاهش ارتفاع، طول و عرض برگ، طول میان‌گره، عملکرد اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس می‌شود. کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه و غیره باشد. Letchamo و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه *Thymus vulgaris* می‌شود. برای به‌وجود آمدن دانه، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد دانه تولیدی در گیاهان و ازجمله سیاه‌دانه شود. کاهش میزان عملکرد تولیدی در طی افزایش خشکی مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه است (Sreevalli et al., 2001).

براساس نتایج تجزیه آماری این آزمایش مشخص گردید بجز وزن هزاردانه تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر کلیه اجزای عملکرد دانه شامل میزان بیوماس تولیدی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول دارا بود (جدول ۲). به‌طوری‌که با بالا رفتن میزان تنش از W_1 به

بر روی تنظیم‌کننده‌های اسمزی بود که منجر به افزایش سنتز آنها در سطح تنش خشکی W_3 گردید (جدول ۴). افزایش میزان سنتز دو ترکیب آلی کربوهیدرات و پرولین تا سطح کودی S_2 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. این امر نشان می‌دهد که افزایش استفاده از کود گوگرد در شرایط خشکی بیش از این میزان نمی‌تواند منجر به بهبود سیستم دفاعی گیاه از مسیر تنظیم اسمزی گردد.

بر اساس نظر Heuer (۱۹۹۴) در طی بروز خشکی در گیاهان، بر میزان تجمع ترکیب‌های آلی همانند پرولین در تمام اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود. پرولین اسید آمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم سلول بوده و مولکول‌های آن شامل قسمت‌های آب‌دوست و آب‌گریزند. تجمع پرولین در بافت‌های گیاهان تحت تنش می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاهان فراهم سازد. El-Sayed و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی مقادیر مختلف سولفات آمونیوم بر روی گیاه سیاه‌دانه دریافتند که کود گوگرد می‌تواند باعث افزایش سرعت رشد گیاه و ترکیب‌های آلی در بافت سبز گیاه شده، در نهایت منجر به افزایش عملکرد و ارزش غذایی گیاه گردد. Wang و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان دادند که گوگرد همبستگی مستقیمی با رشد یونجه و افزایش عملکرد علوفه آن دارد، چرا که استفاده از کود گوگرد منجر به تحریک تولید پروتئین و کلروفیل در برگ‌ها می‌شود.

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گیاه دارویی سیاه‌دانه دارد؛ به طوری که با بالا رفتن میزان تنش از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A به میزان ۲۲/۸٪ از عملکرد دانه آن کاسته شد. عمده تأثیر تنش خشکی بر اجزای عملکرد دانه که در واقع برآیند این اجزا عملکرد

W_3 از میزان بیوماس تولیدی به مقدار ۳۸/۷٪، تعداد کپسول در بوته ۳۹/۹٪ و تعداد دانه در کپسول ۳۰/۷٪ کاسته شد. در این بین از درصد اسانس به مقدار ۲۷/۶٪ و عملکرد اسانس معادل ۴۴/۰۶٪ نیز کاسته شد (جدول ۳). نتایج بدست آمده در مورد کاهش اجزای عملکرد با نتایج Johnson (۱۹۹۰) در مورد گیاه *Spanish thyme* (Lippia) Refaat و Saleh (۱۹۹۷) در مورد گیاه ذرت شیرین مطابقت دارد. Refaat و Saleh (۱۹۹۷) اعلام کردند که تنش خشکی به سبب اثر بازدارنده‌ای که بر میزان فتوسنتز برگ دارد سبب کاهش میزان بیوماس تولیدی در ذرت شیرین گردید که این امر در نهایت سبب کاهش عملکرد تولیدی شد.

عملکرد دانه در گیاه سیاه‌دانه در مجموع حاصل برهم‌کنشی اجزایی هستند که هر یک از آنها در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی شکل می‌گیرند. در این بین بیوماس تولیدی (عملکرد بیولوژیکی)، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه می‌توانند به‌عنوان مهمترین اجزای عملکرد به‌شمار آیند (Misra & Srivastava, 2000). کاهش درصد اسانس و عملکرد اسانس سیاه‌دانه در اثر تنش خشکی، با نتایج نوروزپور و رضوانی مقدم (۱۳۸۵) روی سیاه‌دانه و Rajeswara Rao (۱۹۹۹) روی گیاه نعناع مطابقت دارد.

هر چند اثر متقابل تنش خشکی و کود گوگرد در بیشتر موارد بر اجزای عملکرد دانه معنی‌دار نبود، اما مشخص گردید که استفاده از کود گوگرد تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار با تأثیر مثبتی که بر هر یک از اجزای عملکرد دانه به‌خصوص در بالاترین سطح تنش خشکی دارا بود توانست تا حدی مانع بروز بیش از حد اثرهای زیان‌بار تنش خشکی گردد. در این بین عمده تأثیر استفاده از کود

(*Nigella sativa*). پژوهش و سازندگی (زراعت و باغبانی)،

۱۹(۴): ۱۳۸-۱۳۳.

- Ahmed, M.R., Allen, V.G., Fontenot, J.P. and Hawkins, G.W., 1995. Effect of sulfur fertilization on chemical composition, ensiling characteristics and utilization by lambs of Sorghum silage. *Journal of Animal Science*, 73(6): 1803-1810.
- Babuchowski, K., 1971. The processing value of rapeseed cooking oil and oil cake meal as affected by sulphur nutrition. *Zeszyty Naukowe Wyzszej Rolniczej Olsztynie*, 5: 3-51.
- Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39(1): 205-207.
- El-Sayed, K.A., Ross, S.A., El-Sohly, M.A., Khalafalla, M.M., Abdel-Halim, O.B. and Ikegami, F., 2000. Effects of different levels of fertilizers on the amino acid, fatty acid and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 8(4): 175-182.
- Good, A.G. and Zaplachinski, S.T., 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum*, 90(1): 9-14.
- Grattan, S.R. and Grieve, C.M., 1998. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4): 127-157.
- Heuer, B., 1994. Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants: 363-381. In: Pessarakli, M., (Ed.). *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker Publisher, New York, 697p.
- Irigoyen, J.H., Einerich, D.W. and Sanchez Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. *Physiologia Plantarum*, 84(1): 55-66.
- Isuwan, A., Saelim, J. and Poathong, S., 2007. Effects of Levels of Sulfur Fertilizer on Growth of *Digitaria eriantha* grass. *Silpakorn University Science and Technology Journal*, 1(2): 13-19.
- Johnson, L.U.E., 1990. Factors affecting growth and the yield of oil in Spanish thyme (*Lippia micromera* Schou). Theses, The University of the West Indies at St. Augustine, Trinidad and Tobago.
- Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J. and Gosselin, A., 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. *Angewandte Botanik*, 68(3-4): 83-88.
- Marschner, H., 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, 889p.
- McGrath, S.P. and Zhao, F.J., 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*, 126(1): 53-62.

نهایی دانه را تشکیل می‌دهند، مربوط به تعداد دانه در کپسول بود. تأثیر تنش خشکی بر گیاه سیاه‌دانه همراه با بالا رفتن میزان دو تنظیم‌کننده اسمزی کربوهیدرات و پرولین و نیز کاهش درصد و عملکرد اسانس تولیدی بود. به طوری که استفاده از کود گوگرد تأثیر معنی‌دار و مثبتی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، تنظیم‌کننده‌های اسمزی و عملکرد اسانس داشت و منجر به افزایش آنها گردید. در این بین در بالاترین سطح تنش خشکی (W_3) میزان استفاده از کود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از کارایی بیشتری برخوردار بود. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط نبود تنش خشکی بکارگیری کود گوگرد حتی تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار می‌تواند تأثیر معنی‌دار و مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی سیاه‌دانه داشته باشد و سبب بهبود عملکرد دانه و اسانس آن شود، اما در طی بروز تنش خشکی تا سطح ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A، کود گوگرد تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از کارایی بیشتری در این گیاه برخوردار است.

منابع مورد استفاده

- زرگری، ع.، ۱۳۶۸. گیاهان دارویی. جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۹۵۱ صفحه.
- مظفریان، و.، ۱۳۷۵. فرهنگ اسامی گیاهان ایران. فرهنگ معاصر، تهران، ۵۹۶ صفحه.
- صفی‌خانی، ف.، حیدری شریف‌آباد، ح.، سیادت، س.ع.، شریفی عاشورآبادی، ا.، سیدنژاد، س.م. و عباس‌زاده، ب.، ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و صفات مورفولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۳(۲): ۱۹۴-۱۸۳.
- نوروزپور، ق. و رضوانی‌مقدم، پ.، ۱۳۸۵. اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد روغن و اسانس دانه سیاه‌دانه

- Riaz, M., Syed, M. and Chaudhary, F.M., 1996. Chemistry of the medicinal plants of the genus *Nigella*. *Hamdard Medicus*, 39(2): 40-45.
- Sayed, H., 1992. Proline metabolism during water stress in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) Plant. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 32: 255-261.
- Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., kuikkarni, R., Sushil Hasan, A., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharma Singh, K., Srikant, s. and Rakesh, T., 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in Petriwinkle. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22: 356-358.
- Wang, Y.F., Wang, S.P., Cui, X.Y., Chen, Z.Z., Schnug, E. and Haneklau, S., 2003. Effects of sulphur supply on the morphology of shoots and roots of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science*, 58(2): 160-167.
- Misra, A. and Srivastava, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese Mint. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 7(1): 51-58.
- Munne-Bosch, S. and Alegre, L., 1999. Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinalis* L. plants. *Journal of plant physiology*, 154(5-6): 759-766.
- Rajeswara Rao. B.R., 1999. Biomass and essential oil yield of (*Mentha arvensis* L. f. piperascens Malinvaud ex Holmes) planted in different months in semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products*, 10(2): 107-113.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161(11): 1189-1202.
- Refaat, A.M. and Saleh, M.M., 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet corn plants. *Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo*, 48: 515-527.

Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L.

A.R. Rezapour¹, M. Heidari^{2*}, M. Galavi¹ and M. Ramrodi¹

1- Department of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran

2*- Corresponding author, Department of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran

E-mail: Haydari2005@gmail.com

Received: December 2009

Revised: September 2010

Accepted: October 2010

Abstract

In order to study the effects of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on the grain yield, grain yield components, two osmotic components (carbohydrate and proline) and essential oil yield in *Nigella sativa* L. a field experimental split-plot design with three replications was conducted in 2009 at Ghaen city. Treatments included three levels of irrigation as 50, 100 and 150 mm evaporation from class A pan evaporation in main plot and four levels of sulfur fertilizer included 0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹ as Bentonite in sub plot. Results showed that water stress significantly affect the grain yield of *Nigella sativa* as grain yield decreased up to 22.8% at the level of 150 mm evaporation from the class A evaporation. Except 1000-seed weight, water stress significantly decreased all grain yield components, including biomass production, the number of capsules per plant and seeds per capsule. Maximum reduction at the highest level of water stress related to the number of seed capsules (31.64 percent). Carbohydrate and proline increased under water stress while essential oil yield decreased in *Nigella sativa*. Sulfur fertilizer improved grain yield as applying 225 kg/ha sulfur fertilizer increased it up to 7.2 percent. Sulfur fertilizer especially at 150 kg/ha had significant positive effects on the grain yield components, osmotic solutes and essential oil yield.

Key words: Grain and grain yield components, osmotic adjustment, water stress, sulfur fertilizer, *Nigella sativa* L.