

## اثر تنش خشکی و کود گوگرد بر عملکرد دانه، کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)

مصطفی حیدری\* و علیرضا رضاپور<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۵)

### چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر عملکرد دانه، غلظت عناصر غذایی و میزان کلروفیل گیاه دارویی سیاه‌دانه، آزمایشی به صورت کرت‌های خرده شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸ در شهرستان قائن اجرا گردید. سطوح آبیاری به صورت آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به عنوان عامل اصلی و چهار سطح کود گوگرد شامل صفر، 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 و درصد اسانس گیاه دارویی سیاه‌دانه دارد. عملکرد دانه در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر در مقایسه با تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت ۲۲/۸ درصد و اسانس ۲۷/۶ درصد کاسته شدند. کاربرد کود گوگرد سبب افزایش عملکرد دانه شد. مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد عملکرد دانه را ۷/۲ درصد افزایش داد. تنش خشکی و تیمار کود گوگرد تأثیر معنی‌داری تنها بر میزان کلروفیل a داشتند. در این بین، تنش خشکی سبب کاهش و به کارگیری کود گوگرد تا سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش کلروفیل a گردیدند. در این آزمایش، تنش خشکی از مقدار پتاسیم کاست و بر میزان تجمع سدیم و کلسیم در برگ‌های گیاه سیاه‌دانه افزود. استفاده از کود گوگرد هر چند دارای تأثیر معنی‌داری بر میزان پتاسیم و منیزیم در اندام‌های هوایی بود، اما بر جذب و تجمع عناصر سدیم و کلسیم تأثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، عناصر غذایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، تنش خشکی، گوگرد، سیاه‌دانه

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

\* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: haydari2005@gmail.com

## مقدمه

ایران از لحاظ تنوع گیاهان دارویی از جمله کشورهای مهم جهان به شمار می‌رود. با توجه به وضعیت مناسب آب و هوایی و با یک برنامه‌ریزی صحیح، کشور می‌تواند درآمد زیادی از این طریق کسب نماید (۱۵). در بین گیاهان دارویی، جنس *Nigella* از خانواده *Ranunculaceae* حدود ۸ گونه در ایران دارد (۱۴). سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) یکی از گونه‌های مهم این خانواده است که به طور طبیعی در نقاط مختلف ایران رشد می‌کند. سیاه‌دانه گیاهی یک‌ساله، گل‌دار و بومی منطقه جنوب‌غرب آسیاست. در ایران، این گیاه به ویژه در اراک و اصفهان به فراوانی می‌روید و از دانه‌های آن به عنوان ادویه استفاده می‌شود (۲۲). به دلیل داشتن ماده‌ای موسوم به تیموکیتون، این گیاه دارای اثر ضد تشنج است. همچنین در دانه‌های آن اثر ضد توموری و ضد باکتریایی نیز مشاهده شده است. از اسانس گیاه سیاه‌دانه ماده‌ای به نام نیژلون استخراج می‌شود که می‌تواند اثر قاعده‌آور، کرم‌کش، مسهل و زیاد کننده ترشحات شیر داشته باشد (۱۷).

با بررسی خصوصیات مورفولوژیک و آناتومی گیاهان، می‌توان واکنش آنها را نسبت به تنش محیطی ارزیابی نمود. خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که اثر محدود کننده‌ای بر تولید بسیاری از گیاهان، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، دارد (۱۶). کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان در شرایط تنش خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیک و متابولیک در آنها می‌گردد. از سازوکارهای کارآمدی که به هنگام مواجه شدن با خشکی برای حفظ آماس سلولی در گیاهان به وجود می‌آید، تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی بر اثر انباشت ترکیبات آلی و معدنی در بافت‌ها به وجود می‌آید (۳). لباسچی و شریفی عاشورآبادی (۹) در بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بر گیاهان دارویی اسفزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه مشاهده کردند که با کاهش میزان قابلیت دسترسی به آب (تشدید تنش خشکی) از وزن اندام

هوایی، ارتفاع بوته‌ها و عملکرد دانه آنها کاسته می‌شود. مشابه همین آزمایش، حسنی و همکاران (۵) با تحقیق در مورد گیاه دارویی بادرشبو گزارش کردند که با کاهش مقدار آب خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد و طول شاخه‌های جانبی، عملکرد دانه و عملکرد اسانس این گیاه کاهش یافت. 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 (۴). گوگرد، عنصری حیاتی برای تغذیه گیاهان به شمار 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 (۱۳).

در اکثر محصولات کشاورزی، نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) باید در محدوده ۱۵-۱۰ و در دانه‌های روغنی این نسبت برای دستیابی به افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، باید کمتر از ۱۰ باشد. ایسووان و همکاران (۶) با بررسی اثر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم بر *Digitaria eriantha* نتیجه گرفتند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان مصرف کود گوگرد و بیوماس تولیدی در دو هفته اول رشد این گیاه وجود دارد. آنها مشاهده کردند که با افزایش مصرف گوگرد، غلظت گوگرد و پروتئین خام در برگ‌ها و همچنین عملکرد پروتئین خام در هکتار به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. مک‌گراث و ژائو (۱۳) بیان داشتند که مصرف گوگرد باعث افزایش عملکرد کلزا می‌شود. بابوچوسکی (۱) علت افزایش عملکرد کلزا بر 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 می‌تواند به نقش مهم گوگرد در بهبود فرایند فتوسنتز باشد (۱۲). هر چند تاکنون تحقیقاتی در مورد تأثیر تنش خشکی بر برخی گیاهان دارویی صورت گرفته، اما در مورد تأثیر همزمان تنش خشکی و سطوح مختلف کود گوگرد گزارشی ارائه نشده است. لذا هدف از این آزمایش

و وجین علف‌های هرز صورت گرفت. پانزده روز بعد از سبز شدن، تیمارهای تنش خشکی اعمال گردیدند. زمان آبیاری برای هر سطح تیمار خشکی، براساس تبخیر از تشت تبخیر کلاس A تعیین شد. آبیاری با استفاده از سیفون صورت گرفت. 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 سوپر فسفات تریپل و کود پتاس به میزان ۵۰ کیلوگرم از منبع اکسید پتاسیم مصرف شد. کود نیتروژن در دو مرحله (دو سوم پیش از کاشت و یک سوم بعد از تنک کردن) و کودهای فسفره و پتاس پیش از کاشت به خاک اضافه گردیدند.

برای اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل a و b، پیش از اتمام دوره رشد گیاهان، نمونه‌هایی از برگ‌های سبز که جوانتر از سایر برگ‌ها بودند (معمولاً بالاترین و جوانترین برگ‌های روی ساقه) تهیه شد. برای این کار از روش لیختن تالر (۱۱) استفاده شد. بدین منظور، ۰/۲ گرم برگ تر در هاون چینی که حاوی ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ بود خوب ساییده شد. محتوای هاون روی کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر دیگر استون به آن افزوده و حجم محلول به ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سه میلی‌لیتر از این محلول در کووت ریخته شد و جذب آن در طول موج‌های ۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۸ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار رنگیزه‌ها با استفاده از دو فرمول زیر براساس واحد میکروگرم در گرم وزن تر برگ محاسبه شد:

$$C_a = 12/25A663/3 - 2/79A648/8 \quad [1]$$

$$C_b = 21/51A646/8 - 5/10A663/2 \quad [2]$$

که  $C_a$  کلروفیل a و  $C_b$  کلروفیل b را نشان می‌دهد.

در پایان دوره و پس از رسیدگی نهایی، برای تعیین عملکرد دانه، بعد از حذف حاشیه، بوته‌های واقع در یک متر مربع 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. درصد و

بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر تغییرات عملکرد دانه، تغییرات درصد اسانس، رنگیزه‌های فتوستت و چگونگی جذب عناصر غذایی خاک در گیاه دارویی سیاه‌دانه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این بررسی در بهار ۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان قائن با طول جغرافیایی ۱۰' ۵۹° شرقی، عرض جغرافیایی ۳۳' ۴۳° شمالی و ارتفاع ۱۴۳۲ متر از سطح دریا انجام گرفت. متوسط بارندگی سالانه منطقه در طول دوره آماری ۲۰ ساله برابر ۱۷۵ میلی‌متر، میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه آن به ترتیب ۵- و ۲۰ درجه سلسیوس بوده و از لحاظ اقلیمی جزو مناطق سرد و خشک به شمار می‌رود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ آورده شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های 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  $W_3=150$  میلی‌متر تبخیر از تشت 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 از منبع گوگرد بنتونیت‌دار (حاوی ۴۵٪ گوگرد، ۴۵٪ مواد آلی و ۱۰٪ بنتونیت) به عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شدند. در زمین محل آزمایش، پس از عملیات شخم و تهیه بستر، کرت‌هایی به ابعاد ۲×۳ متر تهیه شد. فاصله بین کرت‌های آزمایش از هم ۰/۵ متر و بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. مقادیر لازم کود گوگرد قبل از کاشت در کرت‌های مربوطه با خاک مخلوط شد. عملیات کاشت در نیمه اول اسفندماه 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 جوانه‌زنی، آبیاری به صورت سطحی و در فواصل هر دو روز یکبار صورت می‌گرفت. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها، عملیات تنک

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

بافت خاک	pH						قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	
	شن	رس	سیلت	پتاسیم	فسفر	نیترژن		
	درصد			Mg/kg				
لوم شنی	۴۱	۳۳	۲۶	۱۹۴	۱۳	۵/۴	۷/۶	۱/۸

بر عملکرد دانه و درصد اسانس سیاه‌دانه دارد (جدول ۲) و سبب کاهش آنها می‌گردد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۸۵۳/۴۲ کیلوگرم در هکتار از تیمار عدم تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر،  $W_1$ ) و کمترین آن با میانگین ۶۵۹/۲۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت ( $W_3$ ) به دست آمد. به عبارت دیگر، تیمار  $W_3$  منجر به کاهش ۲۲/۸ درصدی عملکرد دانه سیاه‌دانه نسبت به تیمار بدون تنش گردید. همچنین تنش خشکی تیمار  $W_3$  سبب کاهش درصد اسانس به میزان ۲۷/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳).

تنش خشکی یکی از عوامل مهم کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی، باغی و دارویی به شمار می‌رود. بسته به گونه گیاهی، شدت و مدت تنش و نیز مرحله رشدی گیاه، میزان تأثیر خشکی بر عملکرد دانه تغییر می‌کند (۳). صفی‌خانی و همکاران (۱۸) در تحقیقات خود در مورد گیاه دارویی بادرشبو گزارش کردند که تنش خشکی در حد ۴۰٪ ظرفیت زراعی موجب کاهش ارتفاع، طول و عرض برگ، طول میان‌گره، عملکرد اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس می‌شود. لنتچامو و همکاران (۱۰) گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه *Thymus vulgaris* می‌شود. مصرف کود گوگرد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و درصد اسانس سیاه‌دانه داشت (جدول ۲)، به طوری که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۷۷۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار (۷/۳) درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف گوگرد) از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار ( $S_3$ ) به دست آمد. همچنین بیشترین درصد اسانس (۱/۳۹) با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد ( $S_2$ ) به دست آمد (جدول ۳).

عملکرد اسانس، به روش تقطیر و با استفاده از دستگاه کلونجر اندازه‌گیری شد. 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. بر 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 عناصر سدیم و پتاسیم و منیزیم اندام‌های هوایی از روش خاکستردن خشک استفاده شد. غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر و غلظت کلسیم و منیزیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. در پایان، داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه EXCEL استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### الف) عملکرد دانه و درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، رنگبره‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی سیاه‌دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعیات						عملکرد دانه	ضریب تغییرات
		درصد وزنی اسانس	کلروفیل a	کلروفیل b	مجموع کلروفیل‌ها	سدیم	پتاسیم		
تکرار	۲	۰/۰۱۰ NS	۰/۹۱ NS	۰/۱۲ NS	۱/۱۹ NS	۰/۱۶۷ NS	۰/۰۲۴ NS	۱۲/۵۵ NS	۵۵/۶۰ NS
تنش خشکی	۲	۰/۵۶۰ **	۱۶۹۴۰ **	۴۷۷۴ NS	۲۲۷۷/۶۴ **	۴/۳۲ **	۵۷۱ **	۴۳/۹۳ **	۱۲/۴۰ NS
a خطای	۴	۰/۰۱۴	۰/۱۴	۱/۱۰	۱/۰۹	۰/۰۲۲	۰/۰۰۸	۲/۱۷	۶/۰۲
گوگرد	۳	۰/۰۳۹ **	۲۰/۱۵ **	۱/۰۶ NS	۲۹/۶۵ **	۰/۰۳۰ NS	۶/۳۱ **	۱/۹۶ NS	۲۰۹/۵۹ **
خشکی × گوگرد	۶	۰/۰۰۵ *	۱/۰۶ *	۰/۱۳ NS	۰/۵۹ NS	۰/۰۱۸ NS	۰/۳۲ NS	۰/۷۶ NS	۵۰۲ NS
طنخالی	۱۸	۰/۰۰۱۹	۰/۳۳	۲/۳۸	۲/۲۷	۰/۱۰۳	۰/۱۵۲	۴/۲۴	۱۶/۷۸
ضریب تغییرات	-	۳/۳۴	۴/۳۵	۲۱/۶۲	۷/۴۱	۱۴/۹۵	۶/۰۴	۱۲/۴۹	۱۳/۳۶

\*\* و \* NS: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین عملکرد دانه، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی سیاه‌دانه در تیمارهای تنش خشکی و گوگرد

متنزه	کلسیم	پتاسیم	سدیم	مجموع			عملکرد دانه	تیمار
				کلروفیل‌ها	اکاروفیل	اکاروفیل		
				(میکروگرم در گرم وزن تر برگ)			(کیلوگرم در هکتار)	
۳۱/۱۶ <sup>a</sup>	۱۴/۳۳ <sup>b</sup>	۶/۹۷ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>c</sup>	۲۴/۱۳ <sup>a</sup>	۷/۵۳ <sup>a</sup>	۱۶/۶۰ <sup>a</sup>	۸۵۳/۴۲ <sup>a</sup>	W <sub>1</sub>
۳۱/۳۲ <sup>a</sup>	۱۷/۲۳ <sup>a</sup>	۶/۷۴ <sup>a</sup>	۲/۱۵ <sup>b</sup>	۲۱/۲۷ <sup>b</sup>	۷/۴۶ <sup>a</sup>	۱۳/۸۱ <sup>b</sup>	۷۴۵/۴۸ <sup>b</sup>	W <sub>2</sub>
۲۹/۴۷ <sup>a</sup>	۱۷/۹۳ <sup>a</sup>	۵/۶۸ <sup>b</sup>	۲/۷۵ <sup>a</sup>	۱۵/۵۸ <sup>c</sup>	۶/۴۱ <sup>a</sup>	۹/۱۶ <sup>c</sup>	۶۵۹/۲۶ <sup>c</sup>	W <sub>3</sub>
خشکی								
۲۴/۱۴ <sup>c</sup>	۱۶/۱۲ <sup>a</sup>	۵/۲۱ <sup>b</sup>	۲/۰۸ <sup>a</sup>	۱۷/۸۱ <sup>c</sup>	۶/۶۲ <sup>a</sup>	۱۱/۱۸ <sup>c</sup>	۷۱۷/۰۲ <sup>b</sup>	S <sub>0</sub>
۲۹/۸۲ <sup>b</sup>	۱۶/۰۷ <sup>a</sup>	۶/۷۴ <sup>a</sup>	۲/۱۸ <sup>a</sup>	۲۰/۵۱ <sup>b</sup>	۷/۲۸ <sup>a</sup>	۱۳/۲۲ <sup>b</sup>	۷۲۹/۰۱ <sup>ab</sup>	S <sub>1</sub>
۳۴/۳۳ <sup>a</sup>	۱۶/۹۹ <sup>a</sup>	۶/۹۸ <sup>a</sup>	۲/۱۷ <sup>a</sup>	۲۰/۸۸ <sup>ab</sup>	۷/۳۱ <sup>a</sup>	۱۳/۵۷ <sup>b</sup>	۷۶۷/۲۳ <sup>a</sup>	S <sub>2</sub>
۳۴/۲۸ <sup>a</sup>	۱۶/۸۱ <sup>a</sup>	۶/۹۱ <sup>a</sup>	۱/۱۶ <sup>a</sup>	۲۲/۱۱ <sup>a</sup>	۷/۳۲ <sup>a</sup>	۱۴/۷۹ <sup>a</sup>	۷۸۳/۶۲ <sup>a</sup>	S <sub>3</sub>
گوگرد								

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل آزمایش تفاوت معنی‌داری ندارند.

W<sub>1</sub> = میانگین آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تنش تبخیر از تنش تبخیر کلاس A  
 مقادیر S<sub>0</sub> = ۷۵، S<sub>1</sub> = ۱۵۰، S<sub>2</sub> = ۲۲۵ و S<sub>3</sub> = ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار

نتایج وانگ و همکاران (۲۱) نشان دادند که استفاده از گوگرد منجر به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه یونجه می‌شود. براساس نظر مارشنر (۱۲) عمده این ترکیبات دارای ساختار نیتروژنی هستند و از آنجایی که گوگرد موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و همچنین افزایش قابلیت جذب سایر عناصر در گیاهان می‌گردد، از اینرو استفاده از گوگرد می‌تواند تا حدی سبب افزایش مقدار کلروفیل در گیاهان گردد. نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل تنش خشکی و گوگرد تنها بر کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل در جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار کلروفیل a از آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتت به همراه مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار گوگرد ( تیمار  $W_3S_3$ ) حاصل شد.

### ج) عناصر معدنی سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر مقدار عناصر معدنی سدیم، پتاسیم و کلسیم در برگ سیاه‌دانه دارد. در این بین اثر تنش خشکی بر منیزیم برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲). در این آزمایش مشخص گردید که با افزایش تنش خشکی از مقدار پتاسیم کاسته و بر میزان تجمع سدیم و کلسیم در برگ‌های سیاه‌دانه افزوده شد. بیشترین میزان سدیم با میانگین ۲/۷۵ و بیشترین میزان کلسیم با غلظت ۱۷/۹۳ میلی‌گرم در گرم ماده خشک از تیمار  $W_3$  به دست آمد. همچنین بیشترین میزان پتاسیم با میانگین ۶/۹۷ میلی‌گرم در گرم ماده خشک از تیمار  $W_1$  حاصل شد (جدول ۳). کاهش میزان پتاسیم در این آزمایش بر اثر تنش خشکی در گیاه سیاه‌دانه با نتایج کیورو (۸) مطابقت دارد. کاهش پتاسیم در این شرایط در ارتباط با کاهش آب خاک است که منجر به کاهش جریان این عنصر به همراه برخی دیگر از عناصر از خاک به گیاه شده و جذب آنها کاسته شده است. ساماراح و همکاران (۱۹) گزارش کردند که در شرایط بروز تنش خشکی از میزان تجمع عناصر پتاسیم، فسفر، نیتروژن و کلسیم در سویا کاسته می‌شود.

در این آزمایش اثر متقابل تنش خشکی و گوگرد بر عملکرد دانه و درصد اسانس معنی‌دار نشد (جدول ۲). ال-سید و همکاران (۲) با بررسی اثر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم بر گیاه دیجیتاریا دریافتند که کود گوگرد می‌تواند باعث افزایش سرعت رشد گیاه و ترکیبات آلی در بافت سبز گیاه شده، در نهایت منجر به افزایش عملکرد و ارزش غذایی گیاه گردد. وانگ و همکاران (۲۱) 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.

### ب) رنگیزه کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a و مجموع کلروفیل‌ها در برگ سیاه‌دانه دارد. اما تأثیر آن بر کلروفیل b معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی، از میزان کلروفیل a و مجموع کلروفیل‌ها کاسته شد (جدول ۳). بیشترین مقادیر کلروفیل a و مجموع کلروفیل‌ها به ترتیب در تیمار آبیاری  $W_1$  و کمترین مقادیر آنها در تیمار  $W_3$  به دست آمد (جدول ۳). میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از عوامل مهم برای فتوسنتز به شمار می‌رود. در این بین بسته به شدت، مدت و مرحله رشدی، تأثیر خشکی بر هر کدام از مقادیر کلروفیل‌ها در گیاهان متفاوت است. کاهش کلروفیل a بر اثر تنش خشکی مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول می‌شود. این رادیکال سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شود (۲۰).

تیمار گوگرد، برخلاف کلروفیل b، تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل a داشت (جدول ۲) و سبب افزایش آن گردید (جدول ۳). بیشترین مقدار کلروفیل a با میانگین ۱۴/۷۹ و مجموع کلروفیل‌ها با میانگین ۲۲/۱۱ میکروگرم در گرم وزن تر از تیمار کودی ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار به دست آمد (جدول ۳).

خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گیاه سیاه‌دانه دارد و سبب کاهش آن می‌شود. مصرف کود گوگرد تا سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نه تنها باعث افزایش عملکرد دانه و درصد اسانس گردید، بلکه با تأثیر مثبت بر کلروفیل a و مجموع رنگدانه‌ها، در افزایش عملکرد دانه در بالاترین سطح خشکی مؤثر بود. بر اثر تنش خشکی از مقدار کلروفیل a، کل رنگدانه‌ها و پتاسیم کاسته و بر میزان سدیم و کلسیم برگ افزوده شد. در تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر، مقادیر ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با تأثیر مثبت بر میزان تجمع عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم و منیزیم توانست تا حدی از بروز آثار سوء خشکی بر گیاه سیاه‌دانه کاسته و سبب افزایش عملکرد دانه و اسانس تولیدی در آن شود. در این آزمایش، استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار برای گیاه دارویی سیاه‌دانه در شرایط تنش خشکی تا سطح ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر کلاس A پیشنهاد می‌شود.

در این، آزمایش گوگرد تأثیر معنی‌داری بر میزان تجمع پتاسیم و منیزیم در اندام هوایی سیاه‌دانه داشت، ولی تأثیر آن بر تجمع سدیم و کلسیم معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین میزان پتاسیم با میانگین ۶/۹۸ و بیشترین غلظت منیزیم با میانگین ۳۴/۳۳ میلی‌گرم در گرم ماده خشک از تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به دست آمد (جدول ۳). با اینکه تأثیر گوگرد بر میزان سدیم معنی‌دار نبود (جدول ۲) اما توانست تا حدی موجب کاهش تجمع سدیم در اندام هوایی سیاه‌دانه شود (جدول ۳). نتایج کلباسی و همکاران (۷) نیز نشان داد که با مصرف گوگرد در ذرت، سورگوم و سویا، مقدار آهن، منگنز و روی قابل جذب در خاک افزایش یافت. اثر متقابل تیمار تنش خشکی و گوگرد در این آزمایش نیز برای هیچ یک از عناصر معنی‌دار نبود (جدول ۲).

### نتیجه‌گیری

از نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که

### منابع مورد استفاده

- Babuchowski, K. 1971. The processing value of rapeseed, cooking oil and oil cake meal as affected by sulfur nutrition. *Zeszyty Naukowe Wyzszej Rolniczej Wolsztynie. Siria*. 3: 51-56.
- El-Sayed, K. A., S. A. Ross., M. A. Sohly, M. M. Khalafalla, O. B. Abdel Hamid and F. Ikegami. 2000. Effect of different sulfur fertilizers on the amino acid, fatty acid, and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. *Saudi Pharmaceutical Journal* 8: 175-182.
- Good, A. and S. Zaplachinski. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiological Plantarum* 90: 9-14.
- Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78: 127-157.
- Hassani, A., R. Omidbaigi and H. Heidari Sharifabad. 2003. Effect of different soil moisture levels on growth, yield and accumulation of compactable solutes in Basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Soil and Water Research* 17(2): 67-76. (In Farsi).
- Isuwan, A., J. Saelim and S. Poathong. 2007. Effects of levels of sulfur fertilizer on growth of *Digitaria eriantha* grass. *Silpakorn University Science and Technology Journal* 1(2): 13-19.
- Kalbasi, M., F. Filsoof and Y. Rezai nejad. 1988. Effect of sulfur treatment on yield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, sorghum and soybean. *Journal of Plant Nutrition* 11: 1353-1360.
- Kyoro, H. W. 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte (*Plantago coronopus* L.). *Environmental and Experimental Botany* 56: 136-146.
- Lebaschy, M. H. and E. Sharifi Ashoorabadi. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 20(3): 249-261. (In Farsi).
- Letchamo, W., R. Marquard, J. Holz and A. Gosselin. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. *Angewandte Botanik* 68: 83-88.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.



12. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, Ltd., London, 862 p.
13. McGrath, S. P. and F. J. Zhao. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science* 126(2): 53-62.
14. Mozaffarian, V. 2006. Culture Names of Plants in Iran. Contemporary Culture, Tehran, Iran.
15. Omidbaigi, R. 1994. Approaches to Manufacturing and Processing Medicinal Plants. Volume 1, Tarahan Nashr Publication, Tehran, Iran.
16. Reddy, A. R., K. V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161: 1189-1202.
17. Riaz, M., M. Syed and F. M. Chaudhary. 1996. Chemistry of the medicinal plants of the genus *Nigella*. *Hamdard Medicus* 39: 40-45.
18. Safikhani, F., H. Heidari Sharifabad, A. Siadat, A. Sharifi Ashoorabadi, M. Syednejad and B. Abbaszadeh. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 23(2): 183-194. (In Farsi).
19. Samarah, N., R. Mullen and S. Cianzio. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seed in response to drought stress. *Journal of Plant Nutrition* 27(5): 815-835.
20. Sheteawi, S. A. and K. M. Tawfik. 2007. Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on Mungbean (*Vigna radiate*) growth and yield. *Journal of Applied Sciences Research* 3(3): 251-262.
21. Wang, Y. F., S. P. Wang, X. Y. Cui, Z. Z. Chen, E. Schnug and S. Haneklau. 2003. Effects of sulfur supply on the morphology of shoots and roots of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science* 58: 160-167.
22. Zargari, A. 1989. Medicinal Plants. Volume 1, 15<sup>th</sup> ed., Tehran University Publication Institute, Tehran, Iran.

## Effect of Water Stress and Sulfur Fertilizer on Grain Yield, Chlorophyll and Nutrient Status of Black Cumin (*Nigella Sativa* L.)

M. Heidari\* and A. R. Rezapor<sup>1</sup>

(Received : Jul. 29-2011 ; Accepted : Dec. 26-2011)

### Abstract

In order to study the effects of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, nutrient status and chlorophyll content in black cumin (*Nigella sativa* L.) a field experiment as split plot design with three replications was conducted at Ghaen city in 2009. Treatments included three levels of irrigation after 50, 100 and 150 mm evaporation from Class A pan as main plot and four levels of sulfur fertilizer including 0, 75, 150 and 225 kg/ha from bentonite-sulfur source as sub-plot. Statistical analysis of the results showed that water stress has significant effect on grain yield and essential oil of black cumin. At the level of 150 mm evaporation from Class A pan, the grain yield decreased by 22.8% and essential oil by 27.6%. Application of 225 kg/ha sulfur fertilizer increased grain yield up to 7.2%. Water stress and sulfur fertilizer treatments had only significant effect on chlorophyll a content. However, water stress decreased chlorophyll a content, but sulfur fertilizer application up to 225 kg/ha increased the content of chlorophyll a. In this study, water stress decreased potassium content in black cumin leaves, but increased the sodium and calcium accumulation. Although application of sulfur fertilizer affected significantly the potassium and magnesium contents in shoots, but did not have significant effect on sodium and calcium contents.

**Keywords:** Grain yield, Nutrients, Photosynthesis pigments, Water stress, Sulfur, Black cumin.

---

1. Assoc. Prof. and MSc. Student of Agron., Respectively, College of Agric., Univ. of Zabol, Zabol, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: haydari2005@gmail.com