Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۲۴۳-۲۳۱

اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی نانوکلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه دو رقم کنجد

نیکی ایوبی‌زاده[۱]، قنبر لایی[۲*]، مجید امینی دهقی[۳]، جعفر مسعود سینکی[۲]، شهرام رضوان بیدختی[۲]
۱. دانشجوی دکتری، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، سمنان، ایران.
۲. استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، سمنان، ایران.
۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و محلول‌پاشی ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه دو رقم کنجد، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد اجرا شد. عامل اصلی آزمایش شامل، تنش خشکی در سه سطح آبیاری کامل (شاهد)، آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی و گل‌دهی، عوامل فرعی شامل محلول‌پاشی در چهار سطح با ترکیبات نانوکلات آهن و اسید فولویک در دو رقم دشتستان و هلیل بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و هم‌چنین میزان روغن دانه گردید. بیش‌ترین عملکرد دانه در آبیاری کامل (۲۳۰۳/۳ کیلوگرم در هکتار) و محلول‌پاشی با ترکیب نانوکلات آهن با اسید فولویک (۲۲٤٦/٤ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. رقم هلیل در مقایسه با رقم دشتستان، دارای بیش‌ترین میانگین صفات تعداد کل کپسول (۸۱/۱۹)، تعداد دانه در بوته (٤۷۸٦/۱)، وزن هزار دانه (۳/۲۱ گرم)، عملکرد دانه (۲۱۷۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۳۵۳٤/٦ کیلوگرم در هکتار) بود. بیش‌ترین عملکرد روغن و عملکرد پروتئین در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی مشاهده شد. قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و دانه‌بندی در مقایسه با تیمار شاهد بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک را داشت، ولی بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب پالمتیک و استارئیک در تیمار آبیاری کامل (۱۰/۸٦ و ۱۰/۷۳ درصد) به‌دست آمد. رقم هلیل دارای بالاترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع و رقم دشتستان دارای بالاترین میزان اسیدهای چرب اشباع بود. به‌طورکلی تنش شدید خشکی باعث کاهش صفات عملکرد دانه، میزان روغن دانه و اسیدهای چرب اشباع شد که محلول‌پاشی با ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک باعث جبران اثرات منفی تنش گردید.

کلیدواژه‌ها: اسیدهای چرب، پروتئین، عملکرد بیولوژیک، کپسول، وزن هزاردانه.

Effect of Drought Stress and Foliar Nutrition of Iron Nano-Chelate and Fulvic Acid on Grain Yield and Fatty Acids' Composition in Seed Oil of Two Sesame Cultivars

Niki Ayobizadeh[1], Ghanbar Laei[2*], Majid Amini Dehaghi[3], Jafar Masood Sinaki[2], Shahram Rezvan[2]
1. Ph.D. Candidate, Agriculture Department, Islamic Azad University, Damghan Branch, Semnan, Iran
2. Assistant Professor, Agriculture Department, Islamic Azad University, Damghan Branch, Semnan, Iran
3. Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
Accepted: October 15, 2019 Received: May 19, 2019

Abstract

The effect of drought stress and foliar nutrition of iron nano-chelate and fulvic acid on grain yield and fatty acids composition in seed oil of two sesame cultivars was evaluated during a factorial split-plot experiment, based on randomized complete block design with three replicates in 2017 in the Research Farm Shahed University of Tehran. The experimental factors included drought stress in three levels: full irrigation as control, irrigation up to 50% seed ripping, and flowering, as well as four treatments of foliar nutrition by iron nano-chelate and fulvic acid in Dashtestan and Halil cultivars. Results show that the drought stress has reduced grain yield as well as seed oil content. The highest grain yield has been observed in full irrigation (2303.3 kg/ha) and the co-application of iron nano-chelate and fulvic acid (2246.4 kg/ha), with Halil cultivar having the highest mean of the total number of capsules (81.19), number of seeds per plant (4786.1), 1000-grain weight (3.21 g), grain yield (2172.7 kg/ha), and biological yield (13534.6 kg/ha), compared to Dashtestan. The highest oil and protein yield have been observed in full irrigation and irrigation up to 50% seed ripping. Irrigation cut off at 50% flowering and seed ripping have had the highest oleic and linoleic fatty acids, compared to the control. Nevertheless, the highest palmitic and stearic fatty acids belong to full irrigation treatment (10.86% and 10.73%, respectively). Both Halil and Dashtestan cultivars have had the highest unsaturated and saturated fatty acids, respectively. Finally, it has been shown that severe drought stress reduces the grain yield, seed oil content, and unsaturated fatty acids that the co-application of iron nano-chelate and fulvic acid compensate for the negative effects of stress.

Keywords: 1000-grain weight, biological yield, capsule, fatty acids, protein.

* نویسنده مسئول
Email: laei@damghaniau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

یکی از روش‌های کنترل میزان آب مصرفی، استفاده از تیمارهای آبیاری به‌صورت قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه (BBCH)[1] می‌باشد، که در این صورت از آبیاری غیرضروری گیاه خودداری شده و در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد (Bagheri *et al*., 2013). اعمال چهار رژیم مختلف آبیاری روی گیاه سویا نشان داد که با کاهش میزان آب مصرفی عملکرد کمی و کیفی گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Aminifar *et al*., 2013). در پژوهشی دیگری، تنش متوسط و شدید خشکی به‌ترتیب باعث کاهش ۲۰/۷ و ۳۱/۲ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد شد (Sinaki *et al*., 2007). در بررسی اثر تنش خشکی روی عملکرد و اجزای عملکرد ۲۷ ژنوتیپ کنجد گزارش شد که اجزای عملکرد و کیفت دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند (Hassanzadeh *et al*., 2009).

دانه‌های روغنی جهت تغذیه انسان و هم‌چنین تولید مواد فرعی برای تغذیه دام از اهمیت زیادی برخوردار هستند. با توجه به این‌که قسمت اعظم روغن مورد نیاز کشور از خارج وارد می‌شود (Atarodi *et al*., 2011) و هم‌چنین محدودیت منابع آب، توسعه کشت دانه‌های روغنی مقاوم به کمبود آب ضروری است (Kazemi *et al*., 2016). کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از کهن‌ترین دانه‌های روغنی است که در بیش‌تر مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود. به‌دلیل نیاز آبی کم، کنجد به‌صورت زراعت اصلی یا کشت مخلوط و هم‌چنین به‌عنوان کشت دوم پس از برداشت غلات کشت می‌شود (Bagheri *et al*., 2013). این گیاه به‌دلیل محتوای بالای روغن (٤٧ تا ٥٢ درصد) و کیفیت مناسب آن (میزان کم کلسترول و وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها) و هم‌چنین میزان مطلوب پروتئین (۱۹ تا ۲۵ درصد) نقش مهمی در سلامت انسان دارد (Kassab *et al*., 2005; Kazemi *et al*., 2016). میزان روغن و پروتئین دانه کنجد بسته به رقم و شرایط محیطی می‌تواند متغیر باشد، بر همین اساس گزارش شد که تعداد کپسول، عملکرد دانه، میزان روغن در ارقام کنجد تفاوت معنی‌داری دارند (Mehrabi & Ehsanzadeh, 2012). در پژوهشی کم‌ترین درصد روغن و بیش‌ترین درصد پروتئین در تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه سویا گزارش شد (Divsalar *et al*., 2016). گزارش شده است که میزان اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع روغن دانه کنجد تحت تأثیر شرایط محیطی و تیماری‌های کودی تغییر نشان داده و واکنش‌پذیری متفاوتی به این تیمارها داشتند (Rezvani-Moghadam *et al*., 2014). با افزایش سطح تنش خشکی میزان اسید اولئیک در دو رقم کنجد کاهش نشان داد ولی میزان اسید لینولئیک تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (Ozkan & Kulak, 2013). در پژوهشی روی ارقام مختلف کنجد تحت تنش خشکی، اثر این دو عامل (خشکی و رقم) بر میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن معنی‌دار گزارش شد (Kadkhodaei *et al*., 2014).

تغذیه مناسب علاوه بر افزایش کیفیت گیاه دارویی، نقش مؤثری در مقاومت آن‌ها به انواع تنش‌های زنده و غیره زنده دارد. گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به تنش خشکی خواهد داشت در این راستا کمیت و کیفیت محصول نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (Gholinezhad *et al*., 2014). یکی از اثرات مهم تنش خشکی برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه (از طریق کاهش حلالیت و کاهش جذب این عناصر) است (Heydari *et al*., 2016). با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم‌مصرف از

1. Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry

www.SID.ir

Archive of SID

طریق محلول‌پاشی، می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید (Rezaeichane *et al*., 2017).

در بین عناصر کم‌مصرف، آهن برای انجام بسیاری از فعالیت‌های سوخت‌وسازی گیاهان مورد نیاز است. بنابراین گیاهان برای ادامه رشد خود نیاز به میزان کافی این عنصر دارند. کمبود آهن بسته به عامل‌های پرشمار خاکی، محیطی و ژنتیکی گیاهان، سبب کاهش قابل‌ملاحظه عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Pandey *et al*., 2010; Heydari *et al*., 2016). پژوهش‌گران گزارش کردند که محلول‌پاشی کود آهن در شرایط تنش خشکی بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد کپسول در بوته کنجد اثر مثبتی داشته است (Heidari *et al*., 2011; Heydari *et al*., 2016). نتایج مختلفی در مورد اثر مثبت نانو کود آهن روی صفات کمی و کیفی گیاهان دارویی آنیسون (Pirzad *et al*., 2013)، سیاه‌دانه (Shabanzadeh *et al*., 2011) و ریحان (Moghadam *et al*., 2015) گزارش شده است.

ترکیبات هوموسی، مواد آلی هستند که دارای دو اسید ارگانیک به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولویک می‌باشند (Poudineh *et al*., 2015). این ترکیبات آلی از طریق کلات‌کردن عناصر ضروری نه‌تنها برای محیط زیست مضر نیستند بلکه میزان جذب عناصر و حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهند (Sebahattin & Necdet, 2005). در پژوهشی گزارش شد که کاربرد ترکیبات هوموسی بیش‌ترین تأثیر را بر صفات کمی و کیفی گیاه آفتابگردان داشت و هم‌چنین استفاده از این ترکیبات می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را نیز کاهش دهد (Poudineh *et al*., 2015).

در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کاشت گیاهان سازگار به خشکی و راه‌کارهای افزایش عملکرد در واحد سطح ضروری است (Amirinezhad *et al*., 2016). درک رابطه بین گیاه و مصرف آب و هم‌چنین محلول‌پاشی با ترکیبات مختلف به‌عنوان سیستم‌های مختلف مدیریت زراعی ممکن است در به حداکثررساندن عملکرد کمی و کیفی محصول کمک کند. ازآنجاکه در مورد محلول‌پاشی ترکیبات نانوکلات آهن و اسید فولویک روی ارقام مختلف کنجد پژوهش‌های کافی صورت نگرفته است، انجام چنین آزمایشی ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی تغییرات صفات کمی (عملکرد دانه و اجزای عملکرد) و صفات کیفی (میزان روغن و پروتئین و هم‌چنین میزان اسیدهای چرب) دو رقم کنجد دشتستان و هلیل تحت تأثیر محلول‌پاشی با ترکیبات نانوکلات آهن و اسید فولویک در تنش‌های مختلف خشکی (قطع آبیاری) بود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و محلول‌پاشی ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم کنجد آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد در تهران در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری نرمال، آبیاری تا ۵۰ درصد گل‌دهی و دانه‌بندی معادل ٦٥ و ۷۵ BBCH) بود. محلول‌پاشی در چهار سطح (عدم محلول‌پاشی، نانوکلات آهن، اسید فولویک و ترکیب نانوکلات آهن با اسید فولویک) و ارقام هلیل و دشتستان به‌عنوان عوامل فرعی مورد آزمایش قرار گرفتند. کودهای لازم براساس آزمون خاک (جدول ۱) هنگام عملیات آماده‌سازی زمین (به‌میزان ۱۰۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم به‌ترتیب نیتروژن از منبع اوره، فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم)، به خاک مزرعه آزمایشی اضافه گردید. پس از عملیات آماده‌سازی زمین کرت‌بندی صورت گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک

	بافت خاک	pH	شوری (dS/m)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	آهن (mg/kg)
مزرعه	لوم رسی شنی	۸/۱۰	۲	۱/۱۱	۱۱۰۰	۷/٤	۳۸۳/٦	٥/۷
حدود مطلوب	لوم و لوم شنی	٦/٥-۷	۱/٥۱	۲	۲۰۰۰	۱٦	۳٥۰	٦/٦

ابعاد هر کرت آزمایشی فرعی در داخل کرت اصلی ۲×۳ متر و شامل پنج ردیف کشت بود. فاصله بین بلوک‌ها و کرت اصلی دو متر، فاصله کرت‌های فرعی یک متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، فاصله بین ردیف‌ها ٥٥ سانتی‌متر بود (Borghi *et al*., 2014). کشت به‌صورت دستی و در بیست و نهم خردادماه صورت گرفت و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. تا قبل از گل‌دهی، آبیاری مزرعه به‌صورت یک دست (تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A در ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) انجام شد و برای اعمال تیمار تنش خشکی، قطع آبیاری در زمانی‌که ٥۰ درصد کرت موردنظر در مرحله گل‌دهی (برای اعمال تیمار BBCH ٦٥) و یا ٥۰ درصد دانه‌بندی (برای اعمال تیمار BBCH ۷٥) (به‌ترتیب تنش شدید و متوسط) بودند، صورت گرفت. برای محلول‌پاشی از ترکیب نانوکلات آهن از کود شیمیایی با نام تجاری نانوکلات آهن خضراء (Nano Chelated Iron 9%) به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار و اسید فولویک از کود شیمیایی با نام تجاری Fert Star Fulvabon Potassic (حاوی ٤٥ درصد اسید فولویک، ۱٥ درصد اسید هیومیک و ۱٥ درصد پتاسیم محلول، محصول شرکت سبزینه تجارت ایران) به میزان دو کیلوگرم در هکتار و به‌روش محلول‌پاشی در طی دو مرحله شروع گل‌دهی و شروع دانه‌بندی براساس توصیه شرکت سازنده استفاده شد.

در اوایل آبان‌ماه، (بعد از رسیدگی فیزیولوژیک) نمونه‌گیری از هر واحد آزمایشی با درنظرگرفتن اثرات حاشیه‌ای انجام شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در یک مترمربع با رعایت اثر حاشیه‌ای و سایر صفات (اجزای عملکرد) در پنج بوته اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان روغن دانه از روش استخراج گرم ASOC Officinal Method 972.28 (41.1.22) و از دستگاه سوکسله و برای تعیین میزان پروتئین محلول دانه از روش برادفورد استفاده شد (Bradford *et al*., 1976). عملکرد پروتئین و عملکرد روغن نیز با استفاده از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین و درصد روغن دانه محاسبه شد.

جهت تعیین میزان اسیدهای چرب روغن ٥۰ گرم دانه آسیاب شده به نسبت یک به چهار با هگزان مخلوط و به‌مدت ٤۸ ساعت روی دستگاه شیکر قرار داده شد و پس از جداسازی حلال از محلول، به روغن حاصل هفت میلی‌لیتر پتاسیم متانولی اضافه گردید (Farhoosh *et al*., 2009). بعد از رطوبت‌گیری روغن حاصل با سولفات-پتاسیم، این نمونه‌ها به دستگاه گاز کروماتوگرافی جرمی (Acmw 6000 (GC\MASS) YOUNG LIN, Korea) به داخل ستونی به طول ۱۰۰ متر، قطر داخلی ۰/۲٥ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲ میکرومتر تزریق شد. میزان تزریق ۰/٥ میکرولیتر بود. با مقایسه پیک نمونه‌ها با پیک استاندارد و براساس RRT پیک‌ها (Relative Retention

www.SID.ir

Archive of SID

Time) مهم‌ترین اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع شناسایی و مقادیر هر یک از آن‌ها از محاسبه سطح زیر منحنی پیک‌ها حاصل تعیین شد (Rezvani-Moghadam *et al.*, 2014). در نهایت پس از جمع‌آوری و سازمان‌دهی اطلاعات تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار آماری SAS (۹/۲) و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. در برخی از موارد میانگین مربعات خطای فرعی از اصلی بیش‌تر بود. برای رفع این مشکل اثر بلوک در رقم، اثر بلوک در محلول‌پاشی و اثر بلوک در رقم در محلول‌پاشی مورد آزمون قرار گرفت که به‌دلیل غیرمعنی‌دارشدن، این موارد در جدول تجزیه واریانس وارد نشده است.

۳. نتایج و بحث

اثر تنش خشکی، محلول‌پاشی و رقم بر تعداد کل کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲). در بین سطوح مختلف تنش خشکی، بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته (۸۳/۲۷ عدد)، تعداد دانه در بوته (٤٨٤١/٢ عدد)، وزن هزاردانه (۳/۳٦ گرم)، عملکرد دانه (۲۳۰۲/۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۲۹۲۲/٦ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری کامل (شاهد) مشاهده شد. هم‌چنین در مورد صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی نیز دارای بیش‌ترین میزان این صفات بود که با تیمار آبیاری کامل در یک گروه آماری قرار داشتند. کم‌ترین مقدار این صفات در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی مشاهده شد جدول (۳). گزارش پژوهش‌گران دیگر نیز نتایج حاصل مبنی بر این‌که، تنش شدید آبی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کنجد می‌گردد را تأیید می‌نماید (Ozkan & Kulak, 2013). به‌نظر می‌رسد دلیل کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کنجد تحت شرایط تنش شدید (قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی) می‌تواند به‌دلیل کاهش جذب مواد غذایی ناشی از افت پتانسیل اسمزی خاک و کاهش میزان آب در دسترس گیاه باشد (Farahbakhsh & Farahbakhsh, 2014).

در شرایط تنش خشکی افت وزن دانه مشاهده شد که این امر نیز به‌دلیل کاهش سهم فتوسنتزی گیاه و کم‌شدن سهم دانه در دریافت کربوهیدرات می‌باشد (Farahbakhsh & Farahbakhsh, 2014). افزایش رقابت درون و برون گیاهی برای جذب آب و مواد غذایی در شرایط تنش خشکی، باعث می‌شود گیاه قادر به تولید حداکثر عملکرد و رشد خود نباشد (Eskandari *et al.*, 2009). از دلایل اصلی کاهش عملکرد تحت شرایط کمبود آب، ناکافی‌بودن میزان فتوسنتز گیاه به‌علت بسته‌شدن روزنه‌ها و در نتیجه محدودشدن میزان جذب دی‌اکسید کربن می‌باشد (Flexas *et al.*, 2004).

در بین تیمارهای محلول‌پاشی، بیش‌ترین میانگین صفات تعداد کل کپسول (٨٤/٦٨)، تعداد دانه در بوته (٤٦٨٣/٣)، وزن هزاردانه (۳/٤٠ گرم)، عملکرد دانه (٢٢٤٦/٤ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (١٤٠١٤/٨ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری نانوکلات آهن به‌همراه اسید فولویک حاصل شد. عدم محلول‌پاشی به‌عنوان تیمار شاهد نیز کم‌ترین میانگین صفات ذکرشده را داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد از یک طرف محلول‌پاشی نانوکلات آهن به‌علت سطح ویژه بالا و حلالیت زیاد (افزایش قابلیت جذب) و از طرف دیگر، محلول‌پاشی ترکیب هوموسی اسید فولویک، به‌دلیل وجود مواد آلی بالا، باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تخصیص این مواد به قسمت‌های زایشی موجب افزایش اجزای عملکرد گیاه گردیده است (Tosi *et al.*, 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد و برخی صفات کیفی ارقام کنجد تحت تنش خشکی

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)										
		تعداد کل کپسول	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درصد روغن	عملکرد روغن	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	اولئیک	لینولئیک	پالمتیک	استاریک
بلوک	۲	۲۵/۲۹ ns	۳۲۰٤۷۱ ns	۰/۰٦ ns	۱۵۷۹۹٦ns	۱۵۸۳۵۸٦۳*	۸/٦۲ ns	٦۲۳۸٤/٤*	۱/٤۸ ns	۱۱٤۹۱/۲ ns	۰/۷۱ ns	٦/٤۳ ns	۲/٦۹ns	۵/۱ ns
تنش خشکی	۲	۸۸/۰٦*	۵۲۱۲۵۲۰**	۲/۳٦*	۳۵۸٦۹٤.**	۱۷۵۵۵۱۲۷*	۱۲٦/٤**	۱۰۱۹۲٤۵۱**	۵۵/٤**	۷۵٤۱۸۱**	۳۲/۱*	۱۹/٤*	۱٤/۳**	۱٤/۳**
خطای کرت اصلی	٤	۱۰/۹۲	۳۳۱۵۲۷	۰/۰٤	٤۱۹۰۰۷۸	۱۰۱۵٦۱	۱۳/۵۵	۳٤٥٤۱/۱	۲/٤۳	۹۷۳۰	۵/٦	۵/۲٤	۰/۸۵	۲/۹
محلول‌پاشی	۳	۱۵۳/۳**	۳٤٤۵۵۰٤**	۱/۵۳*	۱۹۹۹۲۸۳*	۳۰۲۸٦۰۰٤**	۸۱/۳**	٦۳۵۵۷۳٦**	۱۷/۱**	۱۲۸۲۹۳٦**	ns۱۲/۸۸	ns۱۰/۷	۵/۵۵*	۵/۷*
رقم	۱	۲٤۸۲/۹**	٦٤۸۸۵٤۳*	۱/۰۸*	۲۹٤۵۳۳۳*	۷۸۸۹٤۷۹۳*	٤۵/۵*	٤۱٦٦۰۰/۱**	۲۸/۸**	۲۱۸۵۰۹۵**	۲۸/۹۳*	۱۸/۸*	۸/٤۵*	۱۸/٤**
تنش× محلول‌پاشی	۸	۱۷/۰۷ ns	۱۹۳۱۲۹ ns	۰/۰٦ ns	۸۳٤۰٦ns	۲۷۵۲۷۳۷ns	۲/۷٦ ns	۲۵۹۷۷/۸ ns	۰/۹۳ ns	۵۲۳۰/۰ ns	۳/٤۱ ns	۳/٤۰ ns	۲/۲۸ ns	۱/۷ ns
رقم× تنش	۲	۰/۷۷ ns	۹٦۷۷۳ns	۰/۰۰۲ ns	۱۱۵٤۰ ns	٦٦٤۲٤۰۳	۲/۳۷ ns	۲۹٦۷۷ ns	٤/۳۵ ns	۱۱۷۰/٦ ns	۳/٤۷ ns	۱/٤۹ ns	۱/۹۹ ns	۲/۹ ns
محلول‌پاشی × رقم	۳	۲۰/٦۵ ns	۱٤۰٦۱۵۰.**	۰/۰۱ ns	۲۷۰۳۵۳*	۵۱۱٦۸۵۴	۳/۰۱ ns	۵٤۷۵۷/۱*	٤/۹۹ ns	٦۹۰۵/۲ ns	۲۳/۱۳*	۱۲/۳۵ ns	۱۰/۵**	۱۰/۹**
تنش× محلول‌پاشی × رقم	٦	۷/۱۰ ns	٤۰۲۹۱۹ ns	۰/۰۱ ns	۸۱٦۰۸۰ ns	۱۰۰۳۷۳ns	۷/۷۳ ns	۳۳٦۸۰/۹ ns	۱/۵۵ ns	۳۵٦۸۷۲ ns	٤/۱۳ ns	٤/۵۷ ns	۰/۵۷ ns	۲/۲ ns
خطای کرت فرعی	٤۰	۲۵/٦۸	۲۵۱۷۹۳	۰/۰۳	۵۷۱۲۰	۱٤۸۷۷۵۲	۱۰/۱۵	۱۸٤۵٦	۳/۰٤	۳٦۱۵/۵	۷/۱۷	۵/۲۱	۱/۵	۲/۰۸
ضریب تغییرات(٪)	–	۹/۷۷	۱۸/۲٦	۱۳/۷۷	۲۷/۷٤	۱۸/۲۳	٦/۹۳	۱٤/۸۸	۸/۱٦	۱٤/۲٦	٦/٤۸	۷/۷۷	۱۲/۱٤	۱٤/٦۵

ns، * و **: به‌ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی، محلول‌پاشی و رقم بر صفات کمی و کیفی گیاه کنجد

سطوح تیماری	تعداد کل کپسول در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	درصد روغن	عملکرد روغن (kg/ha)	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین (kg/ha)	اولئیک (٪)	لینولئیک (٪)	پالمیتیک (٪)	استئاریک (٪)
تنش خشکی													
بدون تنش	۸۳/۲۷ a	٤۸٤۱/۲ a	۳/۳٦ a	۲۳۰۲/۳ a	۱۹۲۲/٦ a	٤٥/۷٦ ab	۱۰٦۰/٦ a	۱۹/۸٥ c	٤۲۲/۱ a	٤۰/۰٥ b	۲۸/۳٦ b	۱۰/۸٦ a	۱۰/۷۳ a
تنش شدید	۷۹/٤٤ b	۳۹٥۸/۲ b	۲/۷٤ c	۱٥٤٦/۰ b	۱۱٥۰۲/٥ b	٤۳/۷۱ b	٦۷۷/۳ b	۲۲/۸۹ a	۳٥۷/٥ b	٤۱/٥۰ ab	۳۰/۰۸ a	۱۰/۰٥ b	۹/٤٥ b
تنش ملایم	۸۱/۲۳ ab	٤٦٥۸/۳ a	۳/۱٥ b	۲۰٦۳/۱ a	۱۳۰۳۸/۳ a	٤۸/۲۹ a	۱۰۰۰/۱ a	۲۱/٤۱ b	٤٤٤/۸ a	٤۲/۳٤ a	۲۹/٦۸ a	۹/۳۲ b	۹/۳٥ b
محلول‌پاشی													
شاهد	۷۸/٤۲ b	۳۹۱۳/٥ b	۲/٦۹ c	۱٥۱۰/٤ b	۱۰۸٤۹/٥ b	٤۳/۸ b	٦٦٤/۰ c	۲۰/۱ b	۳۰٦۹/۱ b	٤۰/۰ a	۲۹/۱ a	۱۰/۸ a	۱۰/٤۹ a
نانوکلات	۸۲/۷۸ a	٤۹۳٥/٤ a	۳/۱۳ b	۲۱۸۱/۸ a	۱۲٦٥۷/۹ ab	٤۸/٥ a	۱۰٦۲/۹ a	۲۱/۳ ab	٤٦۰/۳ a	٤۱/٥ a	۳۰/۰ a	۹/۹٦ ab	۹/۲۱ b
اسید فولویک	۷۹/۳۸ b	٤٤۱۱/۳ ab	۳/۱۲ b	۱۹٤۳/٤ a	۱۲٤۲۹/۹ ab	٤٤/٦ b	۸۷۰/٥ b	۲۱/٤ ab	٤۱٥/۲ a	٤۱/۷ a	۲۸/۳ a	۱۰/۱ ab	۱۰/۱۲ a
نانوکلات×اسید فولویک	۸٤/٦۸ a	٤٦۸۳/۳ a	۳/٤۰ a	۲۲٤٦/٤ a	۱٤۰۱٤/۸ a	٤٦/۷ ab	۱۰٥۳/۱ a	۲۲/٥ a	٥۰۳/٤ a	٤۱/۷ a	۲۹/۸ a	۹/٤٥ b	۹/٤۷ ab
ارقام کنجد													
دشتستان	۷٥/٤٤ b	٤۱۸٥/۷ b	۲/۹٦ b	۱۷٦۸/۲ b	۱۱٤٤۱/۰ b	٤٦/۷۲ a	۸۳٦/٦ b	۲۰/۷ b	۳٦٦/٤ b	٤۰/۷٤ b	۲۸/۸۹ b	۱۰/٤۲ a	۱۰/۳٥ a
هایل	۸۷/۱۹ a	٤۷۸٦/۱ a	۳/۲۱ a	۲۱۷۲/۷ a	۱۳٥۳٤/٦ a	٤٥/۱۳ b	۹۸۸/۷ a	۲۲/۰ a	٤۷٦/٦ a	٤۱/۸٥ a	۲۹/۸٥ a	۹/۷۳ b	۹/۳٤ b

براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر صفات کمی و کیفی کنجد

محلول‌پاشی × رقم		تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد روغن (kg/ha)	اولئیک (٪)	پالمتیک (٪)	استارئیک (٪)
شاهد	دشتستان	٣٣٤٩/٢ d	١١٩٤/٦ d	٩٠٦٨/٨ c	٥٢٩/٨ c	٣٨/٠٩ b	١٢/٠٩ a	١١/٨٥ a
	هلیل	٤٤٧٧/٩ abc	١٨٢٦/٢ bc	١٢٦٣٠/٣ ab	٧٩٨/١ b	٤١/٩٨ a	٩/٥١ bc	٩/١٤ b
نانوکلات	دشتستان	٥٠٢٥/٧ ab	٢١٤٦/٤ abc	١٢١٣٩/٩ b	١٠٥٨/٩ a	٤٢/٣١ a	٩/٦٤ bc	٨/٩٢ b
	هلیل	٤٨٤٥/٢ abc	٢٢١٧/١ ab	١٣١٧٤/٠ ab	١٠٦٧/٠ a	٤٠/٨٧ ab	١٠/٢٨ bc	٩/٦٥ ab
فولویک اسید	دشتستان	٤١٠١/٦ cd	١٧٤٦/٣ c	١١٥٥٦/١ bc	٨٠٢/٨ b	٤٠/٩٠ ab	١٠/٧٤ b	١١/٠٥ ab
	هلیل	٤٧٢١/٠ abc	٢١٤٠/٥ abc	١٣٣٠٣/٧ ab	٩٣٨/٣ ab	٤٢/٦٤ a	٩/٤٦ c	٩/٢٠ b
نانوکلات×	دشتستان	٤٢٦٦/٣ bc	١٩٨٥/٧ bc	١٢٩٩٩/٣ ab	٩٥٤/٨ ab	٤١/٦٧ a	٩/٢١ c	٩/٥٨ ab
فولویک اسید	هلیل	٥١٠٠/٤ a	٢٥٠٧/٢ a	١٥٠٣٠/٣ a	١١٥١/٤ a	٤١/٩٠ a	٩/٦٩ bc	٩/٣٧ b

براساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ٥ درصد دارند.

مواد هوموسی هیومیک و اسید فولویک نفوذپذیری غشای سلولی را تقویت کرده و بنابراین ورود پتاسیم را به داخل سلول را تسهیل می‌نماید که مطابق با آن فشار سلولی و تقسیم سلولی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر افزایش انرژی داخل سلول‌ها، منجر به تولید کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز گیاه می‌شود (Tadayyon *et al.*, 2017). پس از این عامل مهم در روند رشد گیاه، جذب نیتروژن در داخل سلول تشدید شده و تولید نیترات کاهش می‌یابد و در نهایت تولید گیاه و عملکرد آن افزایش نشان می‌دهد (Moraditochaee, 2012).

در بین ارقام مورد آزمایش نیز، رقم هلیل دارای بیش‌ترین میانگین صفات تعداد کل کپسول (٨١/١٩)، تعداد دانه در بوته (٤٧٨٦/١)، وزن هزاردانه (٣/٢١ گرم)، عملکرد دانه (٢١٧٢/٧ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (١٣٥٣٤/٦ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ٣). گزارش شد که ارقام مختلف کنجد تفاوت معنی‌داری از نظر صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه دارند که همسو با نتایج حاصل از این پژوهش می‌باشد (Hassanzadeh *et al.*, 2009). در مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار محلول‌پاشی در رقم، بیش‌ترین تعداد دانه در بوته (٥١٠٠/٤)، عملکرد دانه (٢٥٠٧/٢ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (١٥٠٣٠/٣ کیلوگرم در هکتار) در محلول‌پاشی با ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک در رقم هلیل مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد، به‌ترتیب افزایش ٣٤/٣٣، ٥٢/٣٥ و ٣٩/٦٦ درصدی نشان دادند (جدول ٤).

اثرات تنش خشکی، محلول‌پاشی و رقم بر درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر عملکرد روغن معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ٢). بیش‌ترین درصد روغن (٤٨/٢٩ درصد) در قطع آبیاری در ٥٠ درصد دانه‌بندی، بیش‌ترین عملکرد روغن در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ٥٠ درصد دانه‌ندی (به‌ترتیب ١٠٦٠/٦ و ١٠٠٠/١ کیلوگرم در هکتار)، بیش‌ترین درصد پروتئین (با میانگین ٢٢/٨٩ درصد) در قطع آبیاری در ٥٠ درصد گل‌دهی و بیش‌ترین عملکرد پروتئین در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ٥٠ درصد دانه‌بندی (به‌ترتیب ٤٦٢/١ و ٤٤٤/٨ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ٣). پژوهش‌گران گزارش کردند که تنش شدید خشکی

www.SID.ir

Archive of SID

باعث کاهش درصد روغن در گیاه گلرنگ شد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (Rezaeichiane *et al*., 2017). نتایج این پژوهش نشان داد در شرایط تنش خشکی درصد پروتئین و در شرایط مطلوب آبیاری درصد روغن دانه بالا بود. پژوهش‌گران گزارش کردند بین درصد روغن و درصد پروتئین دانه گیاهان روغنی رابطه معکوسی وجود دارد که به‌دلیل تفاوت زمانی در تشکیل ماکرومولکول‌ها و ثابت‌بودن حجم دانه می‌باشد (Amiri *et al*., 2016). در پژوهش دیگری گزارش شد که حجم بالای اسید آبسیزیک تولیدشده در گیاه در شرایط تنش که به دانه منتقل می‌شود باعث کاهش نسبت روغن به پروتئین دانه می‌گردد (Kadkhodaei *et al*., 2014). عملکرد روغن یا پروتئین وابسته به درصد روغن و پروتئین و عملکرد دانه می‌باشد. پژوهش‌گران کاهش در عملکرد روغن در کلزا (Aslam *et al*., 2009) و کنجد (Kassab *et al*., 2005) را تحت تنش خشکی گزارش کردند. البته این کاهش در تنش شدید قابل ملاحظه است و تنش متوسط تأثیر کاهنده زیادی ندارد (Kadkhodaei *et al*., 2014)، که با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در بین تیمارهای محلول‌پاشی، بیش‌ترین درصد روغن در محلول‌پاشی با نانوکلات آهن، بیش‌ترین عملکرد روغن در محلول‌پاشی با نانوکلات آهن به‌تنهایی و یا در ترکیب با اسید فولویک مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد، به‌ترتیب افزایش ۹/٦۹، ۳۷/۵۲ و ۳٦/۹٤ درصدی نشان دادند (جدول ۳). بیش‌ترین درصد پروتئین نیز در محلول‌پاشی با ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک بود ولی در مورد عملکرد پروتئین محلول‌پاشی با هر سه ترکیب تیماری در قیاس با تیمار شاهد بیش‌ترین میانگین عملکرد پروتئین را نشان دادند (جدول ۳). پژوهش‌گران گزارش کردند که تنش شدید خشکی باعث افزایش درصد پروتئین شد ولی در مقابل باعث کاهش درصد روغن دانه گردید که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (Farhoosh *et al*., 2009; Hussein *et al*., 2015). در پژوهشی روی گیاه سیاه‌دانه کاربرد اسید هیومیک و کود آهن باعث افزایش میزان پروتئین دانه گردید، که هم‌راستا با نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد (Tadayyon *et al*., 2017). اسیدهای آلی نظیر فولویک و هیومیک اسید با بهبود جذب و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو باعث افزایش میزان پروتئین دانه می‌گردد (Eneji *et al*., 2013).

در مقایسه بین ارقام، به غیر از درصد روغن که در رقم دشتستان بیش‌تر از هلیل بود در بقیه موارد (عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین) رقم هلیل نسبت به دشتستان برتری داشت (جدول ۳). گزارش شد که میزان روغن بین ارقام مختلف کنجد تفاوت دارند و این ارقام در شرایط مواجهه با تنش‌های مختلف محیطی از جمله خشکی واکنش متفاوتی را نشان می‌دهند (Mehrabi & Ehsanzadeh, 2012).

عملکرد روغن در کاربرد نانوکلات آهن در هر دو رقم هلیل و دشتستان و هم‌چنین در محلول‌پاشی با ترکیب نانوکلات آهن با اسید فولویک در رقم هلیل، بیش‌ترین میانگین (به‌ترتیب ۱۰۵۸/۹، ۱۰٦۷ و ۱۱۵۱/٤ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد و کم‌ترین میانگین این صفت (۵۲۹/۸ کیلوگرم در هکتار) در عدم محلول‌پاشی در رقم دشتستان بود (جدول ٤). بدیهی است که استفاده از ترکیبات هوموسی نظیر اسید فولویک و هیومیک با افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، آهن و غیره باعث افزایش رشد و تولید دانه در گیاه می‌شود، هم‌چنین اسید هیومیک با اثرات شبه‌هورمونی خود، اثرات مفیدی در افزایش تولید گیاه دارد (Karimi *et al*., 2016). به این صورت با افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن یا پروتئین که وابسته به عملکرد دانه می‌باشد، افزایش خواهد یافت.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات تنش خشکی و رقم بر میزان اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک، پالمتیک و استارئیک معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر میزان اسیدهای چرب اولئیک، پالمتیک و استارئیک معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین داده‌ها، قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و دانه‌بندی در مقایسه با تیمار شاهد بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک را داشتند، ولی بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب پالمتیک و استارئیک در تیمار آبیاری کامل (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۳). اولئیک و لینولئیک از مهم‌ترین و فراوان‌ترین اسیدهای چرب غیراشباع در روغن کنجد می‌باشند که بالای ۷۰ درصد از ترکیب کل اسیدهای چرب را به‌خود اختصاص می‌دهند (Gharby *et al*., 2017). هم‌چنین پالمتیک و استارئیک از مهم‌ترین اسیدهای چرب اشباع می‌باشند (Nzikou *et al*., 2009). قابل ذکر است که این چهار اسید چرب ذکرشده در پژوهش حاضر بیش از ۹۰ درصد ترکیب اسیدهای چرب را تشکیل می‌دهند که با نتایج ارائه‌شده سایر پژوهش‌گران (Kadkhodaei *et al*., 2014) مطابقت دارد. نتایج نشان داد که اسیدهای چرب غیراشباع در شرایط تنش و اسیدهای چرب اشباع در شرایط غیرتنش میانگین بالاتری را داشتند. کاهش در میزان اسیدهای چرب می‌تواند به‌دلیل بازدارندگی سنتز اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع چندگانه و فعالیت‌های غیرطبیعی آن‌ها که منجر به کاهش در میزان روغن و تغییر در ترکیب روغن می‌گردد (Baldini *et al*., 2000). رفتار گیاهان در پاسخ به شرایط محیطی و رشدی می‌تواند تغییر کند که این تغییر به جای تأثیر بر صفات مربوط به عملکرد (تعداد دانه و تعداد کپسول و وزن هزاردانه و غیره) می‌تواند سنتز متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات زیست فعال را تحت تأثیر قرار دهد (Ozkan & Kulak, 2013). در پژوهشی تنش خشکی باعث افزایش میزان اسید چرب اولئیک در دو رقم کنجد شد که با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد (Ozkan & Kulak, 2013).

در بین ترکیبات محلول‌پاشی، به‌غیر از ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک در مورد اسید چرب پالمتیک و محلول‌پاشی نانوکلات آهن در مورد اسید چرب استارئیک که کم‌ترین میانگین را داشتند، بقیه ترکیبات تیماری دارای بالاترین میزان این دو اسید چرب بودند. در مقایسه بین ارقام نیز، رقم هلیل دارای بالاترین میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک (به‌ترتیب ۴۱/۸۵ و ۲۹/۸۵ درصد) و رقم دشتستان دارای بالاترین میزان اسیدهای چرب پالمتیک و استارئیک (به‌ترتیب ۱۰/۴۲ و ۱۰/۳۵ درصد) بودند (جدول ۳). پژوهش‌گران اثر رقم بر ترکیب اسیدهای چرب را معنی‌دار گزارش کردند و یکی از عوامل تغییر ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه کنجد را رقم می‌دانند که نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش را تأیید می‌نماید (Hassan Manal, 2012). گزارش شد که میزان اسیدهای چرب کنجد به‌شدت تحت تأثیر رقم قرار می‌گیرد و واکنش ارقام در شرایط مختلف محیطی متفاوت می‌باشد (Kadkhodaei *et al*., 2014).

در مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم، بیش‌ترین میزان اسید چرب اولئیک در عدم محلول‌پاشی در رقم هلیل، در محلول‌پاشی نانوکلات آهن در رقم دشتستان، در محلول‌پاشی اسید فولویک در رقم هلیل و در محلول‌پاشی ترکیب نانوکلات آهن با اسید فولویک در هر دو رقم مشاهده شد (جدول ۳). بیش‌ترین درصد اسیدهای پالمتیک و استارئیک در ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی در رقم دشتستان (به‌ترتیب با میانگین ۱۲/۰۹ و ۱۱/۸۵ درصد) به‌دست آمد (جدول ۷). در پژوهشی روی ۱۰ رقم کنجد گزارش شد که میزان اسیدهای چرب تحت تأثیر دو عامل رقم شرایط محیطی (اعم از عوامل به‌زراعی و غیره) و رقم

www.SID.ir

Archive of SID

کشت‌شده تغییر نشان می‌دهد که در گزارش ارائه‌شده ژنوتیپ‌های مختلف تحت شرایط محیطی تغییرات متفاوتی داشتند (Kadkhodaei *et al*., 2014).

٤. نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تنش خشکی به‌خصوص تنش شدید (قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی) باعث کاهش تعداد کپسول، تعداد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و هم‌چنین میزان روغن دانه شد. از طرف دیگر محلول‌پاشی نانوکلات آهن به‌تنهایی و یا در ترکیب با اسید فولویک باعث بهبود صفات عملکردی (تعداد کپسول، تعداد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک) و صفات کیفی (روغن و پروتئین دانه) گردید. در بین ارقام مورد آزمایش رقم هلیل از نظر اکثر صفات مورد بررسی، برتری معنی‌داری نسبت به رقم دشتستان نشان داد. بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب اشباع (پالمتیک و استارئیک) در شرایط عدم تنش خشکی و اسیدهای چرب غیراشباع (اولئیک و لینولئیک) در شرایط تنش خشکی (متوسط و شدید) بود. رقم دشتستان بالاترین میزان اسید چرب اشباع و رقم هلیل بالاترین میزان اسید چرب غیراشباع را داشت. در نهایت نتایج نشان داد که تنش خشکی شدید باعث افت عملکرد دانه، محتوی روغن و میزان اسیدهای چرب اشباع شد که می‌توان با محلول‌پاشی نانوکلات آهن و ترکیبات اسیدهای آلی همچون اسید فولویک میزان افت کمی و کیفی را کاهش داد.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٦. منابع

Aminifar, J., Mohesenabadi, G., Beygloei, M. & Saminezhad, H. (2013). Effect of deficit irrigation on yield, yield components and water productivity of soybean T.215 cultivar. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, *3*(3), 24-34.

Amiri, A., Sirosmehr, A. R., Yadollahi, P., Asgharipour, M. R. & Esmaeilzadeh Bahabadi, S. (2016). Effect of drought stress and spraying of salysilic acid and chitosan on photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in safflower. *Agricultural Crop Management*, *18*(2), 453-466.

Amirinezhad, M., Akbari, G., Baghizadeh, A., Allahdadi, I., Shahbazi, M. & Naimi, M. (2016). Effects of drought stress and foliar application of zinc and iron on some biochemical parameters of cumin. *Agricultural Crop Management*, *17*(4), 855-866.

Aslam, M. N., Nelson, M. N., Kailis, S. G., Bayliss, K. L., Speijers, J. & Cowling, W. A. (2009). Canola oil increases in polyunsaturated fatty acids and decreases in oleic acid in drought-stressed Mediterranean type environments. *Plant Breeding*, *3*, 1-8. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01577.x

Atarodi, H., Irannezhad, H., Shiranirad, A., Amiri, R. & Amiri, G. (2011). Assessment of drought stress and planting date effects applied on original plant, on its seed electrical conductivity rate. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *9*(2), 242-247.

Bagheri, E., Masood Sinaki, J., Baradaran Firoozabadi, M. & Abedini Esfhlani, M. (2013). Evaluation of salicylic acid foliar application and drought stress on the physiological traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *3*(4), 809-816.

Baldini, M., Givanardi, R. & Vanozzi, G. P. (2000). Effect of different water availability on fatty acid composition of the oil in standard and high oleic sunflower hybrids. In: Proceedings of *XV international sunflower conference Toulouse*, pp: 79-84.

Borghi, M. H., Shamsi Mahmodabadi, V. & Morovati, A. (2014). Effect of nano iron chelates on yield and amount iron and rate oil of sesame cultivar Darab 14. *Journal of Plant Ecophysiology*, *18*(6), 69-79.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review of Biochemistry*, *72*, 248-254.

Divsalar, M., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Modares-Sanavi, S. A. M. & Hamidi, A. (2016). The evaluation of drought stress impact as irrigation withholding at reproductive stages on quantitative and qualitative performance of soybean cultivars. *Agricultural Crop Management*, *18*(2), 481-493. 10.22059/JCI.2016.56583 (in Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Eneji, A. E., Islam, R., An, P. & Amalu, U. C. (2013). Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Journal of Cleaner Production, 52*, 478-480. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.02.027

Eskandari, H., Zehtab-Salmasi, S., Ghassemi-Golezani, K. & Gharineh, M. H. (2009). Effects of water limitation on grain and oil yields of sesame cultivars. *Journal of Food, Agriculture, and Environment*, *7*(2), 339-342.

Farahbakhsh, S. & Farahbakhsh, H. (2014). Effect of drought stress on yield and yield components of sesame cultivars under Kerman conditions (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Field Crops Research*, *12*(4), 776-783. (in Persian)

Farhoosh, R., Hadad Khodaparatst, M. H. & Sharif, A. (2009). Bene hull oil as stable and antioxidative vegetable oil. *European Journal of Lipid Science and Technology, 111*, 1259-1265. https://doi.org/10.1002/ejlt.200900081

Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G. & Sharkey, T. D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. Plant Biology, 6, 269–279. DOI: 10.1055/s-2004-820867

Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Asdadi, A., El Yadini, A. & Charrouf, Z. (2017). Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*,105-111. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.004

Gholinezhad, R., Sirosmehr, A. & Fakheri, B. (2014). Effect of drought stress and organic fertilizer on activity of some antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of borage (*Borago officinalis*). *Journal of Horticulture Science*, *28*(3), 338-346. (in Persian)

Hassan Manal, A. M. (2012). Studies on Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and its products 1- physicochemical analysis and phenolic acids of roasted Egyptian sesame seed (*Sesamum indicum* L.). *World Journal of Dairy & Food Sciences*, *7*(2), 195–201. DOI: 10.5829/idosi.wjdfs.2013.8.1.1114

Hassanzadeh, M., Ebadi, M., Panahyan-e-Kivi, S. H., Jamaati-e-Somarin, M., Saeidi, M. & Gholipouri, A. (2009). Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Research Journal of Environmental Science*, *3*(2), 239-244. DOI: 10.3923/rjes.2009.239.244

Heidari, M., Galavi, M. & Hassani, M. (2011). Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress. *African Journal of Biotechnology*, *44*(10), 8816-8822.

Heydari, M., Gelich, M., Gorbani, H. & Baradaran Firozabadi, M. (2016). Effect of drought stress and foliar application of iron oxide nanoparticles on grain yield, ion content and photosynthetic pigments in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of field Crop Science*, *46*(4), 619-628. (in Persian)

Hussein, Y., Amin, G., Azab, A. & Gahin, H. (2015). Induction of drought stress resistance in sesame (*Sesamum indicum* L.) plant by salicylic acid and kinetin. *Journal of Plant Science*, *10*(4), 128-141. DOI: 10.3923/jps.2015.128.141

Kadkhodaei, A., Razmjoo, J., Zahedi, M. & Pessarakli, M. (2014). Oil content and composition of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes as affected by irrigation regimes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *91*, 1737-1744. DOI: 10.1007/s11746-014-2524-0

Karimi, A., Tadayon, A. & Tadayon, M. R. (2016). The effect of humic acid on some yield characteristics and leaf proline content of safflower under different irrigation regimes. *Agricultural Crop Management*, *18*(3), 609-623. (in Persian)

Kassab, O., Noemani, E. & El-Zeiny, A. H. (2005). Influence of some irrigation system and water regimes on growth and yield of sesame plants. *Journal of Agronomy*, *4*, 220-224. DOI: 10.3923/ja.2005.220.224

Kazemi, K., Khajehosseini, M., Nezami, A. & Eskandari, H. (2016). The effect of seed priming on germination, yield and the quality of sesame grains under deficit irrigation. *Agricultural Crop Management*, *18*(2), 373-388. (in Persian)

Mehrabi, Z. & Ehsanzadeh, P. (2012). A study on physiological attributes and grain yield of sesame cultivars under different soil moisture regimes. *Agricultural Crop Management*, *13*(2), 75-88. (in Persian)

Moghadam, A., Mahmoodi-Sorestani, M., Farokhiyan-firozi, A., Ramazani, Z. & Eskandari, F. (2015). The effect of foliar application of iron chelate type on morphological traits and essential oil content of holy basil. *Agricultural Crop Management*, *17*(3), 595-606. (in Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Moraditochaee, M. (2012). Effects of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management on the yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Iran. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, *7*(4), 289-293.

Nzikou, J. M., Matos, L., Bouanga-Kalou, G., Ndangui, C. B., Pambou-Tobi, N. P. G., Kimbonguila, A., Silou, Th., Linder, M. & Desobry, S. (2009). Chemical composition of the seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) grown in Congo Brazzaville. *Advance Journal of Food Science and Technology*, *1*(1), 6-11.

Ozkan, A. & Kulak, M. (2013). Effects of water stress on growth, oil yield, fatty acid composition and mineral content of *Sesamum indicum* L. *Journal of Animal & Plant Sciences*, *23*(6), 686-1690.

Pandey, A. C., Sanjay, S. S. & Yadav, R. S. (2010). Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum* L. *Journal of Experience Nanoscience*, *5*, 488-497. https://doi.org/10.1080/17458081003649648

Pirzad, A. L., Tosi, P. & Darvishzadeh, R. (2013). Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Crop Science*, *15*(1), 12-23. (in Perisan)

Poudineh, Z., Ghaffari-Moghadam, Z. & Mirshekari, S. (2015). Effects of humic acid and folic acid on sunflower under drought stress. *Biological Forum–An International Journal*, *7*(1), 451-454.

Rezaeichiane, A., Khoramdel, S., Molodi, A. & Rahimi, A. (2017). Effects of nano chelated zinc and mycorrhizal fungi inoculation on some agronomic and physiological characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Filed Crops Research*, *15*(1), 168-184. (in Persian)

Rezvani-Moghadam, P., Amiri, M. B. & Seyedi, S. M. (2014). Effect of organic and bio-fertilizers application on yield, oil content and fatty acids composition of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of field Crop Science*, *16*(3), 209-221. (in Persian)

Sebahattin, A. & Necdet, C. (2005). Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). *Agronomy Journal*, *4*, 130-133. DOI: 10.3923/ja.2005.130.133

Shabanzadeh, Sh., Ramrodi, M. & Gloy, M. (2011). Effect of solubility of micronutrient elements on grain yield and qualitative characteristics of fennel flower in different irrigation regimes. *Production and Processing of Crops and Gardens*, *2*(1), 79-89. (in Persian)

Sinaki, J. M., Madjidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G. H. & Zarei, G. H. (2007). The effect of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American Eurasian Journal of Agriculture Environment Science*, *2*, 417-422.

Tadayyon, A., Beheshti, S. & Pessarakli, M. (2017). Effects of sprayed humic acid, iron and zinc on quantitative and qualitative characteristics of Niger plant (*Guizotia abyssinica* L.). *Journal of Plant Nutrition*, DOI: 10.1080/01904167.2016.1270321.

Tosi, P., Tajbakhsh, M. & Esfahani, M. (2014). Effect of spray application of nano-Fe chelate, amino acid compounds and magnetic water on protein content and fatty acids composition of oil of soybean (*Glycine max*) in different harvest time. *Iranian Journal of Crop Science*, *16*(2), 125-136. (in Persian)

www.SID.ir