



به‌زرعی 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 (۲۲۴۶/۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. رقم هلیل در مقایسه با رقم دشتستان، دارای بیش‌ترین میانگین صفات تعداد کل کیسول (۸۱/۱۹)، تعداد دانه در بوته (۴۷۸۶/۱)، وزن هزار دانه (۳/۲۱ گرم)، عملکرد دانه (۲۱۷۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۳۵۳۴/۶ 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 پالمیتیک و استارئیک در تیمار آبیاری کامل (۱۰/۸۶ و ۱۰/۸۳ 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، کیسول، 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 Ayobizadeh¹, Ghanbar Laei^{2*}, Majid Amini Dehaghi³, Jafar Masood Sinaki², Shahram Rezvan²

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 rippling, and flowering, as well as four treatments of foliar nutrition by iron nano-chelate and fulvic acid in full irrigation and irrigation up to 50% seed rippling. 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 rippling. Irrigation cut off at 50% flowering and seed rippling 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.

۱. مقدمه

یکی از روش‌های کنترل میزان آب مصرفی، استفاده از تیمارهای آبیاری به صورت قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه (BBCH)^۱ 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 به ترتیب 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 کنگد گزارش شد که اجزای عملکرد و کیفیت 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). کنگد (*Sesamum indicum* L.) یکی از کهن‌ترین دانه‌های روغنی است که در بیش‌تر مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود. به دلیل نیاز آبی کم، کنگد به صورت زراعت اصلی یا کشت مخلوط و هم‌چنین به عنوان کشت دوم پس از برداشت غلات کشت می‌شود (Bagheri et al., 2013). این گیاه به دلیل محتوای بالای روغن (۴۷ تا ۵۲ 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 کنگد بسته به رقم و شرایط محیطی می‌تواند متغیر باشد، بر همین اساس گزارش شد که تعداد کپسول، عملکرد دانه، میزان روغن در ارقام کنگد 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 کنگد 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 کنگد کاهش نشان داد ولی میزان اسید لینولئیک تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (Ozkan & Kulak, 2013). در پژوهشی روی ارقام مختلف کنگد 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

مصرف آب و هم‌چنین محلول پاشی با ترکیبات مختلف به‌عنوان سیستم‌های مختلف مدیریت زراعی ممکن است در به حداکثر رساندن عملکرد کمی و کیفی محصول کمک کند. از آنجاکه در مورد محلول پاشی 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 محلول پاشی با ترکیبات نانوکلات آهن و اسید فولویک در تنش‌های مختلف خشکی (قطع آبیاری) بود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و محلول پاشی ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم کنجد آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات 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 ۶۵ و ۷۵ BBCH) بود. محلول پاشی در چهار سطح (عدم محلول پاشی، 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.

طریق محلول پاشی، 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 محلول پاشی کود آهن در شرایط تنش خشکی بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد کپسول در بوته کنجد اثر مثبتی داشته است (Heydari *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

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) |
|---------------|-------|-------------|--------------|--------------------|--------------|----------------|-------------|
| لوم رسی شنی | ۸/۱۰ | ۲ | ۱/۱۱ | ۱۱۰۰ | ۷/۴ | ۳۸۳/۶ | ۵/۷ |
| لوم و لوم شنی | ۶/۵-۷ | ۱/۵۱ | ۲ | ۲۰۰۰ | ۱۶ | ۳۵۰ | ۶/۶ |

نمونه‌گیری از هر واحد آزمایشی با در نظر گرفتن 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 Official 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 ۵۰ گرم دانه آسیاب شده به نسبت یک به چهار با هگزان مخلوط و به مدت ۴۸ 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 ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲ میکرومتر تزریق شد. میزان تزریق ۰/۵ میکرولیتر بود. با مقایسه پیک نمونه‌ها با پیک استاندارد و براساس RRT پیک‌ها (Relative Retention)

ابعاد هر کرت آزمایشی فرعی در داخل کرت اصلی ۳×۲ 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 ۵۵ سانتی‌متر بود (Borghi et al., 2014). کشت به صورت دستی و در بیست و نهم خردادماه صورت گرفت و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. تا قبل از گل‌دهی، آبیاری مزرعه به صورت 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 زمانی که ۵۰ درصد کرت موردنظر در مرحله گل‌دهی (برای اعمال تیمار BBCH ۶۵) و یا ۵۰ درصد دانه‌بندی (برای اعمال تیمار BBCH ۷۵) (به ترتیب 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 ۴۵ درصد اسید فولویک، ۱۵ درصد اسید هیومیک و ۱۵ درصد پتاسیم محلول، محصول شرکت سبزینه تجارت ایران) به میزان دو کیلوگرم در هکتار و به روش محلول‌پاشی در طی دو مرحله شروع گل‌دهی و شروع دانه‌بندی براساس توصیه شرکت سازنده استفاده شد. در اوایل آبان‌ماه، (بعد از رسیدگی فیزیولوژیک)

می‌گردد را تأیید می‌نماید (Ozkan & Kulak, 2013). به نظر می‌رسد دلیل کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کنجد تحت شرایط تنش شدید (قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی) می‌تواند به دلیل 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 به دلیل کاهش سهم فتوسنتزی گیاه و کم شدن 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، ناکافی بودن میزان فتوسنتز گیاه به علت بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه محدود شدن میزان جذب دی‌اکسید کربن می‌باشد (Flexas et al., 2004).

در بین تیمارهای محلول پاشی، بیشترین میانگین صفات تعداد کل کپسول (۸۴/۶۸)، تعداد دانه در بوته (۶۸۳/۳)، وزن هزاردانه (۳/۴۰ گرم)، عملکرد دانه (۲۲۴۶/۴) کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۴۰۱۴/۸) کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری نانوکلات آهن به همراه اسید فولویک حاصل شد. عدم محلول پاشی به عنوان تیمار شاهد نیز کمترین میانگین صفات ذکر شده را داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد از یک طرف محلول پاشی نانوکلات آهن به علت سطح ویژه بالا و حلالیت زیاد (افزایش قابلیت جذب) و از طرف دیگر، محلول پاشی ترکیب هوموسی اسید فولویک، به دلیل 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).

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 محلول پاشی و اثر بلوک در رقم در محلول پاشی مورد آزمون قرار گرفت که به دلیل غیرمعنی دار شدن، این موارد در جدول تجزیه واریانس وارد نشده است.

۳. نتایج و بحث

اثر تنش خشکی، محلول پاشی و رقم بر تعداد کل کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل محلول پاشی در رقم بر تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار به دست آمد (جدول ۲). در بین سطوح مختلف تنش خشکی، بیشترین تعداد کپسول در بوته (۸۳/۲۷ عدد)، تعداد دانه در بوته (۴۸۴۱/۲ عدد)، وزن هزاردانه (۳/۳۶ گرم)، عملکرد دانه (۲۳۰۲/۳) کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۲۹۲۲/۶) 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

جدول ۲. تجزیہ واریانس اثر محلول پاشی نانوکلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد و برخی صفات کیفی ارقام کتجد تحت تنش خشکی

| منابع تغییر (S.O.V) | میانگین مریمات (MS) | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------|---------|--------|---------|
| | آزادی | تعداد کل کیپورل | تعداد دانہ در پوتہ | وزن ہزار دانہ | عملکرد دانہ | عملکرد بیولوژیک | درصد روغن | عملکرد روغن | درصد پروتین | عملکرد پروتین | اولیک | لیوولیک | پالمیک | استاریک |
| بلوک | ۲ | ۸۸۶ | ۱۸۳۱ | ۸۸/۳۱ | ۳۸/۸۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| تنش خشکی | ۲ | ۷۱/۵۱ | ۳۸/۱۵۱ | ۳۸/۰/۰ | ۳۸/۱۵۰ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| خطای کرت اصلی | ۴ | ۸۸/۰/۱ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۰/۰ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| محلول پاشی | ۳ | ۳۸/۳۳ | ۳۸/۰۰۳۳۳ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| رقم | ۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| تنش × محلول پاشی | ۷ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۰/۰ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| رقم × تنش | ۲ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۰/۰ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| محلول پاشی × رقم | ۳ | ۳۸/۳۳ | ۳۸/۰۰۳۳۳ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| خطای کرت فرعی | ۶۰ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۰/۰ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| خطای کرت فرعی × رقم | ۶ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۰/۰ | ۳۸/۱۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| خطای کرت فرعی × تنش | ۳ | ۳۸/۳۳ | ۳۸/۰۰۳۳۳ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| خطای کرت فرعی × رقم × تنش | ۲ | ۳۸/۳۳ | ۳۸/۰۰۳۳۳ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |
| خطای کرت فرعی × رقم × تنش × محلول پاشی | ۲ | ۳۸/۳۳ | ۳۸/۰۰۳۳۳ | ۳۸/۰/۱ | ۳۸/۳۳۳ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ | ۳۸/۷۱ |

MS و **: بہ ترتیب نبود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

اثر تنش خشکی و محلول پاشی نانوکلات آهن و اسید فولویک بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه دو رقم کتجد

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی، محلول پاشی و رقم بر صفات کمی و کیفی گیاه کتجد

| سطح تیماری | تعداد کل کپسول | | تعداد دانه | | وزن هزار دانه | | عملکرد دانه | | عملکرد بیولوژیک | | درصد روغن | | عملکرد روغن | | درصد پروتئین | | عملکرد پروتئین | | اولیک | | لینولیک | | پالمیتیک | | استاریک | | |
|----------------------|----------------|-----------|------------|----------|---------------|----------|-------------|---------|-----------------|---------|-----------|---------|-------------|---------|--------------|---------|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|--|
| | در بوته | در بوته | (g) | (kg/ha) | (kg/ha) | (kg/ha) | (kg/ha) | (kg/ha) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | |
| تنش خشکی | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| بدون تنش | ۸۳/۲۷ a | ۴۸۴/۱۲ a | ۳/۳۳ a | ۲۳۰/۲۳ a | ۱۲۹۲۲/۶ a | ۴۵/۷۶ ab | ۱۰۶۰/۶ a | ۱۹/۸۵ c | ۴۶۲/۱ a | ۴۰/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۱۰/۷۳ a | ۲۸/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | |
| تنش شدید | ۷۹/۴۴ b | ۳۹۵۸/۲ b | ۲/۷۴ c | ۱۵۴۶/۰ b | ۱۱۵۰۲/۵ b | ۴۲/۷۱ b | ۶۷۷/۳ b | ۲۲/۸۹ a | ۳۵۷/۵ b | ۴۱/۰۳ a | ۴۱/۰۵ ab | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۱۰/۰۵ b | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۳۰/۰۳ a | ۴۱/۰۵ ab | ۴۱/۰۵ ab | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | |
| تنش ملایم | ۸۱/۲۳ ab | ۴۶۵۸/۳ a | ۳/۱۵ b | ۲۰۶۲/۱ a | ۱۳۰۳۸/۳ a | ۴۸/۲۹ a | ۱۰۰۰/۱ a | ۲۱/۴۱ b | ۴۴۴/۷ a | ۴۰/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | |
| محلول پاشی | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| شاهد | ۷۸/۴۲ b | ۳۹۱۳/۵ b | ۲/۶۹ c | ۱۵۱۰/۴ b | ۱۰۰۴۹/۵ b | ۴۳/۷ b | ۶۶۴/۰ c | ۲۰/۱ b | ۳۰۶/۹ b | ۴۰/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | |
| نانوکلات | ۸۲/۷۸ a | ۴۹۳۵/۴ a | ۳/۱۳ b | ۲۱۸۱/۸ a | ۱۳۶۵۶/۹ ab | ۴۸/۵ a | ۱۰۶۲/۹ a | ۲۱/۳ ab | ۴۱۰/۳ a | ۴۱/۰۵ a | ۴۱/۰۵ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۳۰/۰۳ a | ۴۱/۰۵ a | ۴۱/۰۵ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | ۳۰/۰۳ a | |
| اسید فولویک | ۷۹/۳۸ b | ۴۴۱۱/۳ ab | ۳/۱۲ b | ۱۹۴۷/۴ a | ۱۲۴۲۹/۹ ab | ۴۴/۶ b | ۸۷۰/۵ b | ۲۱/۴ ab | ۴۱۵/۲ a | ۴۱/۰۵ a | ۴۱/۰۵ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۲۸/۳۶ a | ۴۱/۰۵ a | ۴۱/۰۵ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | |
| نانوکلات+اسید فولویک | ۸۴/۶۸ a | ۴۶۸۳/۳ a | ۳/۴۰ a | ۲۲۴۶/۴ a | ۱۴۰۱۴/۷ a | ۴۶/۷ ab | ۱۰۵۲/۱ a | ۲۲/۵ a | ۵۰۳/۴ a | ۴۰/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۲۸/۳۶ a | ۴۱/۰۵ a | ۴۱/۰۵ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | |
| ارقام کتجد | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| دشتستان | ۷۵/۴۴ b | ۴۱۸۵/۷ b | ۲/۹۶ b | ۱۷۶۸/۲ b | ۱۱۴۴۱/۰ b | ۴۶/۷۲ a | ۸۳۶/۶ b | ۲۰/۷ b | ۳۶۶/۴ b | ۴۰/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۴۰/۰۵ b | ۴۰/۰۵ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | ۲۸/۳۶ b | |
| هلیل | ۸۷/۱۹ a | ۴۷۸۶/۱ a | ۳/۲۱ a | ۲۱۷۲/۷ a | ۱۳۵۳۴/۶ a | ۴۵/۱۳ b | ۹۸۸/۷ a | ۲۲/۰ a | ۴۷۶/۶ a | ۴۱/۰۵ a | ۴۱/۰۵ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۱۰/۸۶ a | ۹/۴۵ b | ۹/۴۵ b | ۲۸/۳۶ a | ۴۱/۰۵ a | ۴۱/۰۵ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | ۲۸/۳۶ a | |

بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن حروف غیر مشابه در هر ستون، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر صفات کمی و کیفی کنگد

| محلول‌پاشی × رقم | تعداد دانه در بوته | عملکرد دانه (kg/ha) | عملکرد بیولوژیک (kg/ha) | عملکرد روغن (kg/ha) | اولئیک (%) | پالمیتیک (%) | استرئیک (%) |
|------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|------------|--------------|-------------|
| شاهد | دشتستان | ۳۳۴۹/۲ d | ۱۱۹۴/۶ d | ۹۰۶۸/۸ c | ۵۲۹/۸ c | ۳۸/۰۹ b | ۱۱/۸۵ a |
| هلیل | دشتستان | ۴۴۷۷/۹ abc | ۱۸۲۶/۲ bc | ۱۲۶۳۰/۳ ab | ۷۹۸/۱ b | ۴۱/۹۸ a | ۹/۱۴ b |
| نانوکللات | دشتستان | ۵۰۲۵/۷ ab | ۲۱۴۶/۴ abc | ۱۲۱۳۹/۹ b | ۱۰۵۸/۹ a | ۴۲/۳۱ a | ۸/۹۲ b |
| هلیل | دشتستان | ۴۸۴۵/۲ abc | ۲۲۱۷/۱ ab | ۱۳۱۷۴/۰ ab | ۱۰۶۷/۰ a | ۴۰/۸۷ ab | ۹/۶۵ ab |
| فولویک اسید | دشتستان | ۴۱۰۱/۶ cd | ۱۷۴۶/۳ c | ۱۱۵۵۶/۱ bc | ۸۰۲/۸ b | ۴۰/۹۰ ab | ۱۱/۰۵ ab |
| هلیل | دشتستان | ۴۷۲۱/۰ abc | ۲۱۴۰/۵ abc | ۱۳۳۰۳/۷ ab | ۹۳۸/۳ ab | ۴۲/۶۴ a | ۹/۲۰ b |
| نانوکللات × | دشتستان | ۴۲۶۶/۳ bc | ۱۹۸۵/۷ bc | ۱۲۹۹۹/۳ ab | ۹۵۴/۸ ab | ۴۱/۶۷ a | ۹/۵۸ ab |
| فولویک اسید | دشتستان | ۵۱۰۰/۴ a | ۲۵۰۷/۲ a | ۱۵۰۳۰/۳ a | ۱۱۵۱/۴ a | ۴۱/۹۰ a | ۹/۳۷ b |

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

بیش‌ترین تعداد دانه در بوته (۵۱۰۰/۴)، عملکرد دانه (۲۵۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۵۰۳۰/۳ کیلوگرم در هکتار) در محلول‌پاشی با ترکیب نانوکللات آهن و اسید فولویک در رقم هلیل مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد، به ترتیب افزایش ۳۴/۳۳، ۵۲/۳۵ و ۳۹/۶۶ درصدی نشان دادند (جدول ۴).

اثرات تنش خشکی، محلول‌پاشی و رقم بر درصد روغن، عملکرد روغن، عملکرد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر عملکرد روغن معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲). بیش‌ترین درصد روغن (۴۸/۲۹ درصد) در قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی، بیش‌ترین عملکرد روغن در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (به ترتیب ۱۰۶۰/۶ و ۱۰۰۰/۱ کیلوگرم در هکتار)، بیش‌ترین درصد پروتئین (با میانگین ۲۲/۸۹ درصد) در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و بیش‌ترین عملکرد پروتئین در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (به ترتیب ۶۶۲/۱ و ۴۴۴/۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۳). پژوهش‌گران گزارش کردند که تنش شدید خشکی

مواد هم‌موسی 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 (Moraditochae, 2012).

در بین ارقام مورد آزمایش نیز، رقم هلیل دارای بیش‌ترین میانگین صفات تعداد کل کپسول (۸۱/۱۹)، تعداد دانه در بوته (۴۷۸۶/۱)، وزن هزاردانه (۳/۲۱ گرم)، عملکرد دانه (۲۱۷۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۳۵۳۴/۶ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۳). گزارش شد که ارقام مختلف کنگد 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،

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 سیاه دانه کاربرد اسید هیومیک و کود آهن باعث افزایش میزان پروتئین دانه گردید، که هم راستا با نتایج حاصل از پژوهش حاضر می باشد (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 می گردد (Eneji *et al.*, 2013).

در مقایسه بین ارقام، به غیر از درصد روغن که در رقم دشتستان بیش تر 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 تنش های مختلف محیطی از جمله خشکی واکنش متفاوتی را نشان می دهند (Mehrabi & Ehsanzadeh, 2012).

عملکرد روغن در کاربرد نانوکلات آهن در هر دو رقم هلیل و دشتستان و همچنین در محلول پاشی با ترکیب نانوکلات آهن با اسید فولویک در رقم هلیل، بیش ترین میانگین (به ترتیب ۱۰۵۸/۹، ۱۰۶۷ و ۱۱۵۱/۴ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد و کم ترین میانگین این صفت (۵۲۹/۸ کیلوگرم در هکتار) در عدم محلول پاشی در رقم دشتستان بود (جدول ۴). 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 می شود، همچنین اسید هیومیک با اثرات شبه هورمونی 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 می باشد، افزایش خواهد یافت.

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 به دلیل تفاوت زمانی در تشکیل ماکرومولکولها و ثابت بودن حجم دانه می باشد (Amiri *et al.*, 2016). در پژوهش دیگری گزارش شد که حجم بالای اسید آبسزیک تولید شده در گیاه در شرایط تنش که به دانه منتقل می شود باعث کاهش نسبت روغن به پروتئین دانه می گردد (Kadkhodaei *et al.*, 2014). عملکرد روغن یا پروتئین وابسته به درصد روغن و پروتئین و عملکرد دانه می باشد. 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 به دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در بین تیمارهای محلول پاشی، بیش ترین درصد روغن در محلول پاشی با نانوکلات آهن، بیش ترین عملکرد روغن در محلول پاشی با نانوکلات آهن به تنهایی و یا در ترکیب با اسید فولویک مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد، به ترتیب افزایش ۹/۶۹، ۳۷/۵۲ و ۳۶/۹۴ درصدی نشان دادند (جدول ۳). بیش ترین درصد پروتئین نیز در محلول پاشی با ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولویک بود ولی در مورد عملکرد پروتئین محلول پاشی با هر سه ترکیب تیماری در قیاس با تیمار شاهد بیش ترین میانگین عملکرد پروتئین را نشان دادند (جدول ۳). پژوهشگران گزارش کردند که تنش شدید خشکی باعث افزایش درصد پروتئین شد ولی در

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 پالمیتیک 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 پالمیتیک 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 پالمیتیک 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

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات تنش خشکی و رقم بر میزان اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک، پالمیتیک و استارئیک معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر میزان اسیدهای چرب اولئیک، پالمیتیک 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 پالمیتیک 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 پالمیتیک 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 زیست‌فعال را تحت تأثیر قرار دهد (Ozkan & Kulak, 2013). در پژوهشی تنش

- 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. & Esmailzadeh Bahabadi, S. (2016). Effect of drought stress and spraying of salicylic 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 Mahmoodabadi, 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)

کشت شده تغییر نشان می دهد که در گزارش ارائه شده ژنوتیپ های مختلف تحت شرایط محیطی تغییرات متفاوتی داشتند (Kadkhodaei et al., 2014).

۴. نتیجه گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که تنش خشکی به خصوص تنش شدید (قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل دهی) باعث کاهش تعداد کپسول، تعداد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و هم چنین میزان روغن دانه شد. از طرف دیگر محلول پاشی نانوکلات آهن به تنهایی 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 معنی داری نسبت به رقم دشتستان نشان داد. بیشترین میزان اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک و استارثیک) در شرایط عدم تنش خشکی و اسیدهای چرب غیر اشباع (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 غیر اشباع را داشت. در نهایت نتایج نشان داد که تنش خشکی شدید باعث افت عملکرد دانه، محتوی روغن و میزان اسیدهای چرب اشباع شد که می توان با محلول پاشی نانوکلات آهن و ترکیبات اسیدهای آلی همچون اسید فولویک میزان افت کمی و کیفی را کاهش داد.

۵. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع

- Aminifar, J., Mohesenabadi, G., Beygloei, M. & Saminezhad, H. (2013). Effect of deficit irrigation

- 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 Khodaparast, 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)

- Moraditochae, M. (2012). Effects of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management on the yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Iran. *ARPJ 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 Persian)
- 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)