



اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن و اسید فولیک بر عملکرد و اجزای عملکرد

ارقام کنجد در کشت بعد از گندم تحت تنش خشکی

نیکی ایوبی‌زاده^۱، قنبر لایبی^{۱*}، مجید امینی دهقی^۲، جعفر مسعود سینکی^۱، شهرام رضوان بیدختی^۱

۱- گروه کشاورزی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

۲- گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۱۱

چکیده

به منظور بررسی محلول‌پاشی نانو کلات آهن و اسید فولیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کنجد در کشت دوم تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد تهران در ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تنش خشکی در سه سطح آبیاری کامل (شاهد)، آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی (تنش متوسط معادل ۷۵BBCH) و آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی (تنش شدید معادل ۶۵BBCH) به عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی در چهار سطح، عدم محلول‌پاشی (شاهد)، نانو کلات آهن (۳ در هزار بر مبنای ۱۰ کیلوگرم در هکتار)، اسید فولیک (۳ در هزار بر مبنای ۲ کیلوگرم در هکتار) و ترکیب نانو کلات آهن با اسید فولیک و ارقام دشتستان و هلیل به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش شدید خشکی، باعث کاهش میانگین صفات ارتفاع بوته، تعداد کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد شد. محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک باعث افزایش ۲۶/۳۹، ۴۸/۷۲ و ۲۹/۱۷ درصدی در میانگین صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک در رقم هلیل با میانگین ۲۵۰۷/۲ و ۱۵۰۳۰/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. به طور کلی تنش خشکی شدید باعث کاهش معنی‌دار میانگین عملکرد و اجزای عملکرد شد، ولی محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن و اسید فولیک باعث افزایش شاخص‌های رشدی و عملکردی در شرایط تنش گردید.

واژه‌های کلیدی: نانو کود، کشت تابستانه، قطع آبیاری، شاخص برداشت، محلول‌پاشی، BBCH

مقدمه

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. یکی از گیاهان روغنی و دارویی پراهمیت است که برای استفاده از دانه یا استخراج روغن کشت می‌شود. این گیاه محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است و معمولاً با تنش خشکی در طول فصل زراعی مواجه می‌شود (درگاهی و همکاران، ۱۳۹۳). کنجد به عنوان گیاه متحمل به کم‌آبی مطرح بوده و تحمل قابل قبولی در شرایط کم‌آبی از خود نشان داده است (Silva et al., 2016). در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت تنش کم‌آبی، این تنش سبب کاهش ۴۲، ۳۷، ۴۸ و ۴۹ درصدی به ترتیب در تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد (مهرابی و احسان‌زاده ۱۳۹۰)، در حالی که در پژوهش دیگر رژیم‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشت (مقنی‌باشی و رزمجو، ۱۳۹۱). اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چند توده بومی کنجد معنی‌دار و بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول

(۵۰۸/۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در شرایط قطع آبیاری پس از ظهور ۵۰ درصد گل‌ها (۲۲۱/۳ کیلوگرم در هکتار) بود (فرحبخش و فرحبخش، ۱۳۹۳). درگاهی و همکاران (۱۳۹۳) اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه کنجد را معنی‌دار گزارش کردند. BBCH مقیاسی است که به عنوان یک منبع برای گزارش‌دهی و آنالیز سیستم‌های IT در داده‌های رشته کشاورزی به کار می‌رود (Michel et al., 2007). مراحل فنولوژی گیاهان بر طبق کدهای BBCH در فصل خاص خود تعریف می‌شود (Koch et al., 2007). پژوهشگران مراحل رشد فنولوژیکی گیاه کنجد با استفاده از معیار کدهای BBCH را شرح داده و به این نتیجه رسیدند که این نوع سیستم قادر به پاسخ به پرسش‌های بسیاری در مورد اثر عوامل مختلف در رشد است (Attibayeba Niska-Mikoko et al., 2010). الگوی بارش نامنظم در نواحی مختلف کشور، محصولات مختلف را در معرض شدت‌های مختلف تنش خشکی قرار می‌دهد

تنش کم‌آبی، تأثیر مفیدی در افزایش صفات بیوشیمیایی و رشدی و همچنین مقاومت به تنش خشکی در زیره سبز داشت (امیرنژاد و همکاران، ۱۳۹۴). مصرف آهن افزایش شاخص‌های رشدی آفتابگردان (رحیمی و مظاهری، ۱۳۸۳) و افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن کلزا را در پی داشت (Bahrani, 2015). حسنی (۱۳۹۰) گزارش کرد که کود آهن و تنش خشکی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه فرعی و شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشت. گزارش شده است که محلول‌پاشی آهن اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در کاپیتول و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ دارد (Zareie *et al.*, 2011). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در جنبه‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از مزایای مهم نانو کودها رهاسازی آهسته و مداوم عناصر غذایی است (Liu *et al.*, 2006). گزارش شده است که محلول‌پاشی نانو کلات آهن باعث

(رشنو و همکاران، ۱۳۹۲). بیشتر اوقات دمای زیاد و وضعیت تغذیه‌ای نامناسب، اثرهای تنش خشکی را پیچیده‌تر می‌کند (Yerisyanyan & Economakis, 2002). گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر کم مصرف و پرمصرف را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت (رشنو و همکاران، ۱۳۹۲).

خاک‌های زراعی ایران به دلایلی از قبیل آهکی بودن، بی کربناته بودن آب آبیاری، پایین بودن مواد آلی و مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته دچار کمبود شدید ریزمغذی‌ها به ویژه آهن و روی می‌باشند. آهن در ساختار دو گروه عمده پروتئین‌ها به عنوان گروه دهنده-گیرنده الکترون در واکنش تنفس، در ساختمان پروتئین‌هایی نظیر لگ‌هموگلوبین و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و همچنین در فرآیندهای وابسته به نور در فتوسنتز تأثیر اساسی دارد (Ruiz *et al.*, 2000; Trinctunk & Trunkturk, 2006). این عنصر به مقدار فراوان در خاک موجود است، اما بنابه دلایلی جذب آن بسیار کم و محدود می‌باشد (Ruiz *et al.*, 2000). محلول‌پاشی آهن در مناطق در معرض

افزایش شاخص‌های رشدی و عملکردی در گیاه گندم شد (Mazaherinia *et al.*, 2010). اسید فولیک کوفاکتور مرکزی برای واکنش انتقال کربن می‌باشد که در بسیاری از واکنش‌های سلولی از قبیل سنتز پورین‌ها، متابولیسم اسیدهای آمینه، تبدیل گلايسين به سرين و شکل‌گیری لیگنین، کلروفیل و کولین و همچنین در چرخه تبخیر و تعرق شرکت دارد (Jabrin *et al.*, 2003; Ibrahim *et al.*, 2015). از این ترکیب می‌توان به عنوان یک ترکیب آلی جدید و مقرون به صرفه به عنوان کود آلی برای افزایش بهره‌وری گیاهان و حفظ مواد غذایی آن استفاده نمود (Poudineh *et al.*, 2015).

مصرف بالای روغن و واردات بالای آن در کشور، غنی بودن منابع ژنتیکی گیاه کنجد در ایران، کیفیت بالای روغن گیاه کنجد، غالب بودن اقلیم گرم و خشک در کشور (که اکثراً با خشکی آخر فصل مواجهه می‌شوند) و نقش ریزمغذی آهن در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، از مهم‌ترین دلایل و ضرورت‌های اجرا این پژوهش می‌باشد. از طرف دیگر، به منظور استفاده بهینه از زمین و افزایش درآمد اقتصادی کشاورزان، کنجد یکی

از گیاهی است که می‌تواند به عنوان کشت دوم بعد از گندم و جو کاشته شود. با توجه به کمبود فراهمی آهن در اکثر خاک‌های کشور (اغلب قلیایی‌اند)، و از آنجا که دامنه محدودی بین اثرات سمیت و کمبود آهن در گیاهان وجود دارد، بنابراین استفاده از نانو کود آهن (به دلایل ذکر شده) می‌تواند یکی از روش‌های مفید کاربرد این عنصر باشد. با توجه به موارد ذکر شده، هدف اصلی از اجرای این پژوهش، بررسی محلول پاشی نانو کلات آهن و اسید فولیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کنجد (دشتستان و هلیل) تحت شرایط تیمارهای خشکی آخر فصل به صورت کشت دوم بعد از گندم در استان تهران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر محلول پاشی نانو کلات آهن و اسید فولیک بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کنجد تحت تنش خشکی آخر فصل (به صورت قطع آبیاری)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه

شاهد تهران در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش مشتمل بر اعمال تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در سه سطح آبیاری کامل (بدون تنش)، آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی (تنش شدید معادل ۴۵BBCH) و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی (تنش ملایم معادل ۷۵BBCH) به عنوان فاکتور اصلی در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی در چهار سطح عدم محلول‌پاشی (شاهد)، نانو کلات آهن (۳ در هزار بر مبنای ۱۰ کیلوگرم در هکتار)، اسید فولیک (۳ در هزار بر مبنای ۲ کیلوگرم در هکتار) و ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک و ارقام کنگد در دو سطح دشتستان و هلیل در کرت‌های فرعی قرار داشتند.

بعد از برداشت کشت اول مزرعه مورد آزمایش (محصول قبلی گندم پاییزه بوده و در اواسط خرداد ماه برداشت شد)، خاک مزرعه مورد آزمایش قرار داده شد (جدول ۱). سپس کودهای لازم براساس آزمون خاک هنگام عملیات آماده‌سازی زمین به خاک مزرعه آزمایشی اضافه گردید. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت-

بندی صورت گرفت. ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۲ متر، فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر، فاصله کرت‌های در هر بلوک ۱ متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، فاصله ردیف‌ها از هم ۵۵ سانتی‌متر و هر کرت دارای پنج ردیف کشت بودند (بقری و همکاران، ۱۳۹۳). کشت به صورت دستی و در اواخر خرداد ماه صورت گرفت و آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. برای تیمار نانو کلات آهن از کود شیمیایی با نام تجاری نانو کلات آهن خضراء (Nano Chelated Iron 9%) به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله، ابتدای گلدهی و دانه‌بندی (براساس توصیه شرکت سازنده) استفاده شد. برای تیمار اسید فولیک از کود شیمیایی با نام تجاری Fert Star Fulvabon Potassic (حاوی ۴۵ درصد اسید فولیک، ۱۵ درصد اسید هیومیک و ۱۵ درصد پتاسیم محلول) به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار و به روش محلول‌پاشی به میزان ۳ در هزار در طی دو مرحله شروع گلدهی و شروع دانه‌بندی (براساس توصیه شرکت سازنده) استفاده شد. تا قبل از گلدهی آبیاری مزرعه به صورت یک

دست انجام شد و برای اعمال تیمار تنش دانه‌بندی (به ترتیب تنش شدید و متوسط) خشکی، قطع آبیاری زمانی که ۵۰ درصد کرت بودند، صورت گرفت. مورد نظر در مرحله گلدهی و یا ۵۰ درصد

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک

آهن (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن کل (mg/kg)	کربن آلی (%)	شوری (dS/m)	pH	بافت خاک	
۵/۷	۳۸۳/۶	۷/۴	۱۱۰۰	۱/۱۱	۲	۸/۱۰	لوم رسی شنی	مزرعه مورد آزمایش
۶/۶	۳۵۰	۱۶	۲۰۰۰	۲	۱/۵۱	۶/۵-۷	لوم و لوم شنی	حدود مطلوب

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، محلول‌پاشی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی و محلول‌پاشی در رقم بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند (جدول ۲). بلندترین ارتفاع بوته در شرایط آبیاری کامل بود و تنش شدید خشکی (قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی) باعث کاهش ۲۰/۰۹ درصدی در میانگین این صفت گردید (جدول ۳). محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن و اسید فولیک باعث افزایش ۳۷/۰۷ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد و بالاترین ارتفاع بوته را داشت (جدول ۴). در بین دو رقم نیز، دشتستان دارای ارتفاع بیشتری از رقم هلیل بود (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی، بالاترین ارتفاع بوته در آبیاری کامل در شرایط محلول‌پاشی با آهن، اسید فولیک و ترکیب آهن+ اسید فولیک و همچنین در آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی در محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن+ اسید فولیک به دست آمد (جدول ۶) و کمترین

در اوایل آبان ماه، برداشت برای اندازه‌گیری صفات از هر واحد آزمایشی به مقدار یک مترمربع با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای انجام شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه صفات مورد نظر شامل ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شد (مهرابی و احسان‌زاده، ۱۳۹۰). سطح برگ نیز با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Leaf Area Measurement CI-202) انجام شد. شاخص برداشت نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (مهرابی و احسان‌زاده، ۱۳۹۰).

$$\{100 \times (\text{عملکرد بیولوژیک} / \text{عملکرد دانه})\} =$$

شاخص برداشت

محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش و مقایسه میانگین صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

تعداد و سطح برگ

اثر تنش خشکی، محلول پاشی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی در رقم بر تعداد و سطح برگ معنی دار بودند (جدول ۲). آبیاری کامل و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی بیشترین تعداد و سطح برگ را در مقایسه با تیمار قطع آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی (تنش شدید) داشتند (جدول ۳). در شرایط محلول پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک بیشترین تعداد برگ در بوته (۱۸۹/۵۵ عدد) و در شرایط محلول پاشی با نانو کلات آهن، اسید فولیک و ترکیب این دو، بیشترین سطح برگ (به ترتیب ۳۷۲۰/۷، ۳۷۳۳/۳ و ۴۲۰۲/۳ سانتی متر مربع) به دست آمد (جدول ۴). در بین دو رقم نیز، هلیل از نظر تعداد و سطح برگ برتری معنی داری نسبت به دشتستان داشت (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در رقم، بالاترین میانگین این دو صفت در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه بندی در رقم هلیل بود (جدول ۸). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه، بیشترین تعداد برگ در بوته در ترکیب تیماری آبیاری کامل (عدم تنش) در

میانگین این صفت در ترکیب تیماری تنش شدید (قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی) و عدم محلول پاشی بود که در مقایسه با تیمار شاهد باعث کاهش ۲۹/۰۴ درصدی ارتفاع بوته شد (جدول ۶). در اثر متقابل محلول پاشی در رقم، بیشترین میانگین ارتفاع بوته در ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک در رقم دشتستان (با میانگین ۱۴۷/۴ سانتی متر) بود و کمترین میانگین در شرایط عدم محلول پاشی در هر دو رقم به دست آمد (جدول ۷). آئین و همکاران (۱۳۹۲) اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد را بر ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، تعداد شاخه فرعی، عملکرد دانه، بیولوژیک و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مختلف کنجد معنی دار گزارش کردند. در پژوهشی اثر محلول پاشی کود آهن بر ارتفاع بوته معنی دار گزارش شد و این برتری به خاطر تأمین مقدار کافی آهن قابل دسترس گیاه و نقش این عنصر در سنتز کلروفیل جهت افزایش فتوسنتز در زمان رشد رویشی و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته می باشد (بقری و همکاران، ۱۳۹۳).

محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک و در رقم هلیل با میانگین ۲۰۸/۶۷ عدد بود و کمترین میانگین در شرایط تنش خشکی شدید در عدم محلول‌پاشی و رقم دشتستان با میانگین ۱۳۶ عدد برگ در بوته به دست آمد (شکل ۱). در مطالعات بر روی گیاهان مختلف مشخص شده است که تنش کم‌آبی، شاخص سطح برگ را به دلیل کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید و افزایش ریزش آن‌ها کاهش می‌دهد و چنین نتیجه‌گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی خیلی حساس می‌باشند و بنابراین بر اثر تنش کمبود آب شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (Pagter *et al.*, 2005). گزارش شده است که

محلول‌پاشی کود آهن در شرایط تنش خشکی باعث افزایش مقاومت به تنش و بهبود شرایط رشد گیاه زیره سبز گردید (امیرنژاد و همکاران، ۱۳۹۴).

تعداد ساقه فرعی

اثر تنش خشکی، محلول‌پاشی و رقم بر تعداد ساقه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). با افزایش میزان تنش خشکی، کاهش معنی‌داری در میانگین این صفت مشاهده شد به طوری که آبیاری کامل (عدم تنش) بیشترین (۱۱/۶۲ عدد) و قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی (تنش شدید) کمترین (۹/۷۹ عدد) تعداد را داشتند (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی نانو کلات آهن و اسید فولیک بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی ارقام مختلف کنگد تحت تنش خشکی

میانگین مربعات (MS)

تعداد ساقه فرعی	سطح برگ	تعداد برگ	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییر (S.O.V)
ns ۱/۱۲	ns ۴۹۴۷۴	۳۱۲/۰۹**	۱۱۵/۱۲*	۲	بلوک
۲۰/۱۸**	۱۲۹۶۶۸۳/۸**	۱۵۱۲/۷**	۵۰۴۰/۳**	۲	تنش خشکی (S)
۰/۷۴	۲۷۵۳۹۵/۲	۲۱۳/۸	۲۷/۸۷	۴	خطای اصلی
۲۸/۰۹**	۳۰۰۸۵۸۲/۸**	۲۷۴۷/۶**	۴۹۲۶/۷**	۳	محلول پاشی (F)
۵۲۳۸**	۱۹۴۱۵۷۶/۱**	۶۹۶/۸**	۱۳۸۶/۸**	۱	رقم (C)
ns ۱/۰۷	ns ۱۰۰۰۹۸۱	۲۱۹/۳**	۱۰۳/۵**	۸	S×F
ns ۰/۵۹	۵۳۷۳۹/۵*	۲۴۴/۰**	ns ۱۱/۳۷	۲	S×C
ns ۱/۰۲	ns ۱۰۰۱۰۷۷/۲	ns ۴۹/۹	۳۳۲/۵**	۳	F×C
ns ۱/۱۶	ns ۴۲۳۷۰/۳	۳۸۱/۲۷**	ns ۲۷/۲۷	۶	S×F×C
۱/۴۷	۱۴۳۷۶/۴	۳۶/۶۸	۲۳/۵۴	۴۰	خطای آزمایشی
۱/۸۰۰	۲۰/۳۱	۹/۴۷	۱۵/۷۵	—	ضریب تغییرات (/)

ns، * و ** : به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۲ -

میانگین مربعات (MS)

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در کیسهول	تعداد کل کیسهول	تعداد کیسهول اصلی	تعداد فرعی در شاخه فرعی	تعداد در شاخه فرعی	درجه آزادی	منابع تغییر (S.O.V)
ns 2/16	15835863**	ns 157996	ns ./ 0.6	ns 320471	ns 48/29	ns 25/29	ns ./ 2	ns 24/80	ns 24/80	2	پلوک
123/48**	17555127**	3586940**	2/36**	5212520**	5077**	88/06*	61/14**	ns 2/76	ns 2/76	2	تش خشکی (S)
1499	4190078	101561	0/04	331527	28/64	10/92	3/00	4/95	4/95	4	خطای اصلی
40/75**	3028600**	1992822**	1/53**	3445504**	31629**	15233**	2587**	9431*	9431*	3	محلول پاشی (F)
ns 8/27	78894791**	2945323**	1/08**	6488546**	ns 1/38	24829**	9221**	64313**	64313**	1	رقم (C)
ns 6/52	ns 2752737	ns 83406	ns ./ 0.6	ns 193129	ns 35/05	ns 17/07	5/6*	ns 8/94	ns 8/94	8	S×F
ns 14/81	6642407**	ns 11540	ns ./ 0.2	ns 96773	ns 22/63	ns 0/77	ns 1/18	ns 0/61	ns 0/61	2	S×C
ns 5/45	5116859*	270352**	ns ./ 0.1	1406150**	161/59**	ns 20/65	14/68**	ns 54/44	ns 54/44	3	F×C
ns 5/81	ns 816080	ns 100373	ns ./ 0.1	ns 404919	ns 49/99	ns 7/10	ns 4/01	ns 2/79	ns 2/79	6	S×F×C
5/88	1487752	57120	0/03	251793	25/46	25/68	2/24	22/85	22/85	40	خطای آزمایشی
21/47	18/33	27/74	13/77	18/26	14/16	9/77	20/51	17/59	17/59	-	ضریب تغییرات (/)

** و * : به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح 5 و 1 درصد

ns

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد کنگد

شاخص	عملکرد	عملکرد	وزن	تعداد دانه	تعداد	تعداد کل	تعداد	تعداد	سطح برگ	تعداد	ارتفاع بوته	سطوح تنش خشکی
برداشت (/)	بیولوژیک	دانه	هزار دانه	دانه در	کیسول در بوته	کیسول در بوته	کیسول در	ساقه فرعی	(cm ²)	برگ در بوته	(cm)	
	(kg/ha)	(kg/ha)	(g)	کیسول	کیسول	شاخه اصلی	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	
a1۷/۷۹	a1۱۲۹۲۲/۶	a۲۳۰۲/۳	a۳۷۲۶	a۲۴۴۱/۲	a۵۸/۰۴	a۸۲/۲۷	a۲۲/۷۳	a۱۱/۶۲	a۳۶۶/۱	a۱۸۱/۸	a۱۴۲/۵۰	آبیاری کامل (شاهد)
b۱۳/۳۰	b۱۱۵۰۲/۵	b۱۵۴۶/۱۰	c۲/۷۴	b۳۹۵۸/۲	b۴۹/۷۰	b۷۹/۴۴	c۱۹/۵۴	c۹/۷۹	b۳۴۹۹/۵	b۱۶۶/۴	c۱۱۳/۸۷	قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدیمی (معادل ۴۵BBCH)
ab۱۶/۰۸	a۱۳۰۳۸/۳	a۲۰۶۲/۱	b۳/۱۵	a۲۶۵۸/۳	a۵۷/۲۵	ab۸۱/۳۳	b۲۱/۳۱	b۱۰/۶۶	ab۲۶۸۲/۸	a۱۷۷/۴	b۱۳۲/۱۲	قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه- بندی (معادل ۷۵BBCH)

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه در هر ستون، تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی نانو کلات آهن و اسید فولویک بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

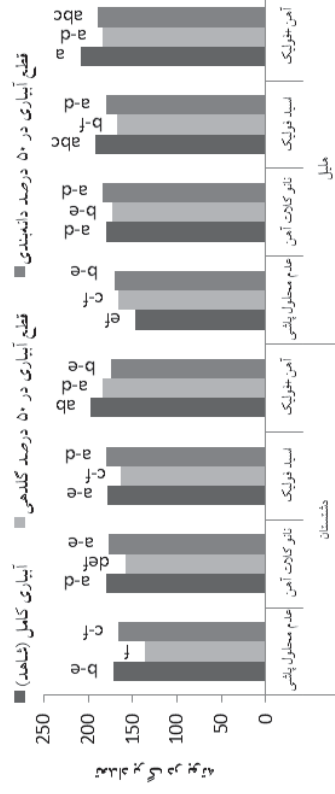
شاخص	عملکرد	عملکرد دانه	وزن هزار	تعداد دانه	تعداد دانه	تعداد دانه	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد برگ	ارتفاع بوته	تیمارهای							
برداشت (%)	بیولوژیک (kg/ha)	(kg/ha)	(g)	دانه	در بوته	تعداد دانه	در کیسول	کل کیسول	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد برگ	(cm)	محلول پاشی							
	(kg/ha)							در بوته	شاخه اصلی	شاخه فرعی	کیسول در	کیسول در	در بوته	ساقه فرعی	(cm ²)	در بوته	تعداد برگ	تعداد برگ	تعداد بوته	ارتفاع بوته	تیمارهای
۱۳/۶۸ b	۱۰۸۴۹/۵ b	۱۵۱۰/۴ b	۲/۶۹ c	۳۹۱۳/۵ b	۴۹/۵۵ b	۷۸/۴۲ b	۲۱/۳۸ a	۵۷/۱۴ c	۹/۱۱ c	۳۲۰/۱۶ b	۱۵۹/۳۸ c	۱۰۶/۵۵ c	۱۰۶/۵۵ c	عدم محلول پاشی							
۱۷/۲۷ a	۱۲۶۵۶/۹ ab	۲۱۸۱/۸ a	۳/۱۳ b	۴۹۳۵/۴ a	۵۹/۷۷ a	۸۲/۷۸ a	۲۱/۸۶ a	۶۰/۹۲ b	۱۰/۷۲ b	۳۷۲۰/۷ a	۱۷۵/۳۸ b	۱۳۲/۳۸ b	۱۳۲/۳۸ b	نانو کلات آهن							
۱۵/۷۸ a	۱۲۴۴۹/۹ ab	۱۹۴۳/۴ a	۳/۱۲ b	۴۴۱۱/۳ ab	۵۵/۴۴ a	۷۹/۳۸ b	۱۹/۴۳ b	۵۹/۹۴ b	۱۰/۷۷ b	۳۷۲۲/۳ a	۱۷۶/۵۵ b	۱۳۳/۰۰ b	۱۳۳/۰۰ b	اسید فولیک							
۱۶/۱۷ a	۱۴۰۱۴/۸ a	۲۲۴۶/۴ a	۳/۴۰ a	۴۶۸۳/۳ a	۵۵/۲۲ a	۸۴/۶۸ a	۲۲/۰۷ a	۶۲/۶۰ a	۱۲/۱۶ a	۴۲۰/۲۳ a	۱۸۹/۵۵ a	۱۴۶/۰۵ a	۱۴۶/۰۵ a	نانو کلات آهن + اسید فولیک							

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد کبجد

عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه	تعداد کل	تعداد کبجد در بوته	کیسول در بوته	تعداد شاخه	کیسول در شاخه	تعداد	تعداد کیسول	تعداد ساقه	تعداد بوته	ارتفاع بوته (cm)	ارقام
(kg/ha)	(kg/ha)	(g)	در بوته	در بوته	در بوته	در بوته	در بوته	در بوته	فرعی در بوته	برگ	تعداد برگ	در بوته	(cm)	کبجد
اصلی														
۱۱۴۴۱۰ b	۱۷۶۸۲ b	۲/۹۶ b	۴۱۸۵۷ b	۷۵۴۴ b	۲۴۷۴ a	۵۰۷۰ b	۹/۸۳ b	۳۱۹۵۳ b	۱۷۲۱۱ b	۳۱۹۵۳ b	۱۷۲۱۱ b	۱۳۳۸۸ a	۱۳۳۸۸ a	دشتد
۱۳۵۳۴۶ a	۲۱۷۲۷ a	۳/۳۱ a	۴۷۸۶۱ a	۸۷۱۹ a	۱۷/۵۸ b	۶۹/۶۰ a	۱۱/۵۵ a	۴۳۳۳۸ a	۱۷۸۳۳ a	۴۳۳۳۸ a	۱۷۸۳۳ a	۱۷۵۱۱ b	۱۷۵۱۱ b	نان
														هلیل

بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیر مشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند



شکل ۱- اثر متقابل محلول‌پاشی نانو کلات آهن و اسید فولیک بر تعداد برگ در بوته ارقام مختلف کبجد

(بر اساس مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن حروف غیر مشابه، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند)

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر برخی صفات کنگد

تعداد کپسول در شاخه اصلی	تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته (cm)	ترکیب تیمار تنش خشکی در محلول پاشی	
۲۲/۳ abc	۱۵۹/۱ cd	۱۲۰/۵ c	عدم محلول پاشی (شاهد)	آبیاری کامل (عدم تنش)
۲۳/۷ ab	۱۸۰/۱ abc	۱۴۷/۱ a	نانو کلات آهن	
۲۰/۱ cde	۱۸۴/۸ ab	۱۴۷/۸ a	اسید فولیک	
۲۴/۶ a	۲۰۳/۱ a	۱۵۴/۵ a	ترکیب آهن + اسید فولیک	
۱۹/۸ cde	۱۵۱/۰ d	۸۵/۵ d	عدم محلول پاشی (شاهد)	قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی (معادل ۶۵BBCH)
۲۰/۷ cde	۱۶۵/۶ bcd	۱۱۵/۱ c	نانو کلات آهن	
۱۸/۲ e	۱۶۵/۱ bcd	۱۱۸/۶ c	اسید فولیک	
۱۹/۳ de	۱۸۳/۸ ab	۱۳۶/۱ b	ترکیب آهن + اسید فولیک	
۲۱/۶ bcd	۱۶۸/۰ bcd	۱۱۳/۶ c	عدم محلول پاشی (شاهد)	قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (معادل ۷۵BBCH)
۲۱/۱ bcd	۱۸۰/۳ abc	۱۳۴/۸ b	نانو کلات آهن	
۱۹/۸ cde	۱۷۹/۶ abc	۱۳۲/۵ b	اسید فولیک	
۲۲/۲ abc	۱۸۱/۶ abc	۱۴۷/۵ a	ترکیب آهن + اسید فولیک	

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

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل مملول پاشی و رقم بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد کنگد

عملکرد	عملکرد دانه	تعداد دانه	تعداد دانه	تعداد	ارتفاع	ترکیب تیمار تنش خشکی در رقم	
بیولوژیک	(kg/ha)	در بوته	در کیسول	کیسول در	بوته (cm)		
(kg/ha)				شاخه اصلی			
۹۰۶۸/۸ c	۱۱۹۴/۶ d	۳۳۴۹/۲ d	۴۶/۸۸ c	۲۶/۱۲ a	۱۰۷/۲ d	دشتستان	عدم مملول پاشی (شاهد)
۱۲۶۳۰/۳ ab	۱۸۲۶/۲ bc	۴۴۷۷/۹ abc	۵۲/۲۲ bc	۱۶/۴۵ de	۱۰۵/۸ d	هلیل	
۱۲۱۳۹/۹ b	۲۱۴۶/۴ abc	۵۰۲۵/۷ ab	۶۴/۱۱ a	۲۵/۴۰ a	۱۴۰/۰ b	دشتستان	نانو کلات آهن
۱۳۱۷۴/۰ ab	۲۲۱۷/۱ ab	۴۸۴۵/۲ abc	۵۵/۴۴ b	۱۸/۳۲ cd	۱۲۴/۷ c	هلیل	
۱۱۵۵۶/۱ bc	۱۷۴۶/۳ c	۴۱۰۱/۶ cd	۵۵/۱۱ b	۲۲/۹۸ b	۱۴۰/۸ ab	دشتستان	اسید فولیک
۱۳۳۰۳/۷ ab	۲۱۴۰/۵ abc	۴۷۲۱/۰ abc	۵۵/۷۷ b	۱۵/۸۹ e	۱۲۵/۱ c	هلیل	
۱۲۹۹۹/۳ ab	۱۹۸۵/۷ bc	۴۲۶۶/۳ bc	۵۴/۴۴ b	۲۴/۴۷ ab	۱۴۷/۴ a	دشتستان	ترکیب نانو کلات +
۱۵۰۳۰/۳ a	۲۵۰۷/۲ a	۵۱۰۰/۴ a	۵۶/۰۰ b	۱۹/۶۸ c	۱۴۴/۵ ab	هلیل	اسید فولیک

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

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد بیولوژیک کنگد

عملکرد	سطح برگ	تعداد برگ	ترکیب تیمار تنش خشکی در رقم	
بیولوژیک (kg/ha)	(cm ²)	در بوته		
۱۱۲۸۲/۸ c	۳۲۷۴/۴ cd	۱۸۱/۷ a	دشتستان	آبیاری کامل (عدم تنش)
۱۴۵۶۲/۵ a	۴۶۴۷/۸ a	۱۸۱/۹ a	هلیل	
۱۰۸۸۹/۱ c	۳۱۳۹/۳ d	۱۶۰/۱ b	دشتستان	قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی (معادل BBCH ۶۵)
۱۲۱۱۵/۹ bc	۳۸۵۹/۸ bc	۱۷۲/۶ ab	هلیل	
۱۲۱۵۱/۱ bc	۳۱۷۱/۸ d	۱۷۴/۴ ab	دشتستان	قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (معادل BBCH ۷۵)
۱۳۹۲۵/۴ ab	۴۱۹۳/۷ ab	۱۸۰/۴ a	هلیل	

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

در مقایسه میانگین اثر محلول پاشی، بیشترین و کمترین میانگین این صفت در ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک و عدم محلول پاشی - (به ترتیب با میانگین ۱۲/۱۶ و ۹/۱۱ عدد) حاصل شد (جدول ۴). در بین ارقام نیز، رقم هلیل دارای تعداد ساقه فرعی در بوته بالاتری نسبت به رقم دشتستان بود (جدول ۵). آئین (۱۳۹۲) نیز اثر رقم بر تعداد شاخه‌های فرعی در ارقام مختلف کنجد را معنی‌دار گزارش کردند. تنش خشکی به خصوص قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد در گیاه کلزا توانست تعداد شاخه‌های فرعی را کاهش دهد (Shirani-Rad *et al.*, 2010). گزارش شد که بین تعداد شاخه‌های فرعی در ارقام کنجد و همچنین اثر تنش خشکی بر میانگین این صفت تفاوت معنی‌داری وجود دارد (اصغری و همکاران، ۱۳۹۲).

تعداد کل کپسول در شاخه فرعی و

اصلی

اثر محلول پاشی و رقم بر تعداد کپسول در شاخه فرعی، تعداد کپسول در شاخه اصلی و تعداد کل کپسول در بوته معنی‌دار بودند

(جدول ۲). همچنین اثر تنش خشکی بر تعداد کپسول در شاخه اصلی و تعداد کل کپسول در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی در محلول پاشی و اثر محلول پاشی در رقم بر تعداد کپسول در شاخه اصلی معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین میانگین تعداد کپسول در شاخه فرعی، اصلی و کل بوته در آبیاری کامل به دست آمد (جدول ۳). محلول پاشی ترکیب نانو کلات آهن با اسید فولیک بالاترین میانگین این صفات را داشت (جدول ۴). از نظر تعداد کپسول در شاخه فرعی و تعداد کل کپسول در بوته رقم هلیل میانگین بالاتری نسبت به دشتستان داشت، ولی برعکس تعداد کپسول در شاخه اصلی در رقم دشتستان بالاتر از هلیل بود (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در محلول پاشی بیشترین میانگین تعداد کپسول در شاخه اصلی در ترکیب تیماری آبیاری کامل در محلول پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک با میانگین ۲۴/۶ عدد بود و کمترین میانگین در قطع آبیاری در ۵۰ درصد گلدهی در محلول پاشی با اسید فولیک با میانگین ۱۸/۲ عدد به دست آمد

(جدول ۶). در مقایسه میانگین اثر محلول پاشی در رقم، بالاترین تعداد کپسول در شاخه اصلی در عدم محلول پاشی و محلول پاشی نانو کلات آهن در رقم دشتستان (به ترتیب با میانگین ۲۶/۱۲ و ۲۵/۴۰ عدد) بود و کمترین میانگین این صفت در محلول پاشی با اسید فولیک در رقم هلیل به دست آمد (جدول ۷). در پژوهشی تنش خشکی باعث کاهش ۵۵، ۴۲، ۳۷، ۴۸ و ۴۹ درصدی در شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گردید که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (مهرابی و احسان زاده، ۱۳۹۰). قطع آبیاری در مرحله گلدهی سبب ریزش برخی از کپسول‌ها به خصوص کپسول‌های رسیده بر روی شاخه‌های فرعی گردیده و بدین ترتیب تعداد کپسول در بوته کاهش می‌یابد که با نتایج به دست آمده مطابقت دارد (آئین، ۱۳۹۲؛ Jain et al., 2010). (Duta et al (2010) نشان دادند که با افزایش فواصل آبیاری تعداد کپسول در بوته کنگد کاهش می‌یابد. فرحبخش و فرحبخش (۱۳۹۳) گزارش کردند که اثر متقابل تنش

خشکی در رقم کنگد بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود و بیشترین میانگین در توده بیرجند در شرایط بدون تنش با میانگین ۲۱/۵ عدد در بوته به دست آمد. پازکی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که با محلول پاشی آهن در ارقام پاییزه کلزا تعداد کپسول در بوته افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع بوته و تشکیل محور گل آذین بلندتر، تعداد کپسول در بوته بیشتر می‌شود، بنابراین هرچه ساقه بلندتر باشد تعداد کپسول در بوته بیشتر می‌شود (بقری و همکاران، ۱۳۹۳). نکته دیگر این‌که، در مرحله پر شدن دانه‌ها به علت ریزش برگ‌ها، فتوسنتز گیاه به وسیله کپسول‌ها صورت می‌گیرد، بنابراین داشتن ساقه بلندتر باعث افزایش فتوسنتز در گیاه شده و افزایش عملکرد گیاه اتفاق می‌افتد (پاریمقدم‌فرد و بحرانی، ۱۳۸۴). به نظر می‌رسد، تعداد کپسول در بوته تابع مکان‌های مناسب استقرار بوده و آن هم تابعی از ارتفاع بوته و فراهمی آسیمیلات لازم برای تولید کپسول می‌باشد، بنابراین به دنبال فراهمی بیشتر عناصر ریزمغذی همچون

میانگین ۴۶/۸۸ عدد به دست آمد (جدول ۷). بیشترین میانگین تعداد دانه در بوته در محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک در رقم هلیل با میانگین ۵۱۰۰/۴ عدد بود و کمترین میانگین این صفت در عدم محلول‌پاشی در رقم دشتستان با میانگین ۳۳۴۹/۲ عدد به دست آمد (جدول ۷). محلول‌پاشی آهن به واسطه گسترش سطح برگ و افزایش پتانسیل فتوسنتزی گیاه، موجب بزرگ‌تر شدن ساختارهای رویشی، افزایش وزن و قطر ساقه‌ها، تولید بیشتر کپسول شده، که در نهایت این مساله اثر مثبتی بر تعداد دانه در کپسول و بوته داشته است (بیاتی و همکاران، ۱۳۹۳).

وزن هزار دانه

نتایج به دست آمده نشان داد که اثر تنش خشکی، محلول‌پاشی و رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه در آبیاری کامل (۳/۳۶ گرم) و کمترین میانگین (۲/۷۴ گرم) در آبیاری تا ۵۰ درصد گلدهی بود (جدول ۳). محلول‌پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک بیشترین

آهن به نظر می‌رسد، با بهبود رشد و نمو گیاه نقش مؤثری در بهبود این صفت خواهند داشت.

تعداد دانه در کپسول و بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم بر تعداد دانه در کپسول و در بوته معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در کپسول و در بوته در آبیاری کامل و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه‌بندی بود و کمترین این صفات در تنش شدید خشکی به دست آمد (جدول ۳). در بین ترکیبات محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با هر سه ترکیب در مقایسه با عدم محلول‌پاشی بالاترین میانگین این دو صفت را داشتند و عدم محلول‌پاشی کمترین میانگین را نشان داد (جدول ۴). در مقایسه بین اثر ارقام نیز، رقم هلیل از تعداد دانه در کپسول و در بوته بالاتری از رقم دشتستان برخوردار بود (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی در رقم، بیشترین میانگین تعداد دانه در کپسول در محلول‌پاشی نانو کلات آهن در رقم دشتستان با میانگین ۶۴/۱۱ عدد و کمترین میانگین این صفت در عدم محلول‌پاشی در رقم دشتستان با

میانگین این صفت (۳/۴۰ گرم) و عدم محلول- پاشی کمترین میانگین (۲/۶۹ گرم) را داشتند (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر رقم، بالاترین وزن هزار دانه مربوط به رقم هلیل با میانگین ۳/۲۱ گرم بود (جدول ۵). Jain *et al.* (2010) در بررسی اثر تنش خشکی بر رشد و خصوصیات مرتبط با عملکرد در کنجد نشان دادند که تنش خشکی در مرحله گلدهی تأثیر قابل توجهی بر ارتفاع بوته، اندازه کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و وزن خشک ریشه داشت. در گزارشی به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد تحت سطوح متفاوت سکوسترین آهن مشاهده شد که اثر کود کم مصرف آهن فقط بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد و طبق نتایج تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه افزایش یافت (کردستانی و همکاران، ۱۳۸۸). بقری و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که محلول پاشی نانو کلات آهن باعث افزایش وزن هزار دانه کنجد شد. گزارش کردند که بهبود وزن هزار دانه در نتیجه کاربرد آهن در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد)، به علت فراهمی مطلوب ترکیبی از عناصر غذایی

ریزمغذی و اصلی در مراحل زایشی بود. این فراهمی مطلوب در نهایت باعث بهبود تجمع آسیمیلات در بذرها شد که نتیجه آن تولید دانه‌های سنگین‌تر خواهد بود (Baybordi & Mamedov, 2010).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، محلول- پاشی، رقم و اثر متقابل محلول پاشی در رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند (جدول ۲). عملکرد دانه در آبیاری کامل و قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی بالاترین میانگین (به ترتیب ۲۳۰۲/۳ و ۲۰۶۳/۱ کیلوگرم در هکتار) را داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر محلول- پاشی نشان داد که بالاترین میانگین این صفت در محلول پاشی با هر سه ترکیب تیماری به دست آمد و کمترین میانگین در عدم محلول- پاشی (با میانگین ۱۵۱۰/۴ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۴). در مقایسه بین دو رقم نیز، بالاترین عملکرد دانه در رقم هلیل با میانگین ۲۱۷۲/۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی در رقم، بالاترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری محلول پاشی ترکیب نانو کلات آهن + اسید

چندانی نمی‌شود که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد و نتایج به دست آمده را تأیید می‌نماید. کنگد به عنوان یک گیاه متحمل به خشکی شناخته شده است و براساس گزارشات در تنش ملایم خشکی (یک مرتبه آبیاری در هفته) تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مشاهده نمی‌شود و در تنش متوسط تر (یک مرتبه آبیاری در دو هفته) عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد، بدون آن‌که در عملکرد دانه اثر معنی‌داری به وجود بیاید و در تنش شدیدتر، کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اتفاق می‌افتد (آئین، ۱۳۹۲؛ Murty & Bhtia, 1990).

در رابطه به مصرف اسیدفولیک، گزارش شد که کاربرد خارجی آن باعث افزایش وزن بذر و عملکرد در گیاه لوبیا گردید (Stakhova *et al.*, 2000). در مورد محلول‌پاشی اسیدفولیک تحقیقات زیادی صورت نگرفته است، ولی در این زمینه می‌توان به کاربرد اسیدفولیک و اثر مثبت آن بر رشد، عملکرد و کیفیت برخی از گیاهان از جمله کتان روغنی (Emam *et al.*, 2011)، لوبیا

فولیک در رقم هلیل با میانگین ۲۵۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میانگین در عدم محلول‌پاشی در رقم دشتستان با میانگین ۱۱۹۴/۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۷). مهرابی و احسان‌زاده (۱۳۹۰) گزارش کردند که تنش کمبود رطوبتی باعث کاهش رشد و عملکرد دانه کنگد از ۱۲۱۲ به ۶۲۵ کیلوگرم در هکتار گردید. همچنین در همین پژوهش، اثر ژنوتیپ‌های کنگد بر عملکرد دانه کنگد معنی‌دار گزارش شد که نتایج به دست آمده از این پژوهش را تأیید می‌نماید. حساس‌ترین مرحله در گیاه کنگد مرحله گلدهی گزارش شده است (Jain *et al.*, 2010).

بنابراین قطع آبیاری در این مرحله (تنش شدید خشکی) باعث افت بسیار زیاد عملکرد دانه (۳۲/۸۴ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۳). (Omidi (2009) در بررسی اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره نشان داد که با قطع آبیاری پس از پایان مرحله گلدهی یا شروع پر شدن دانه، عملکرد دانه دچار افت

اسید فولیک در رقم هلیل با میانگین ۱۵۰۳۰/۳ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میانگین در عدم محلول پاشی در رقم دشتستان با میانگین ۹۰۶۸/۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در رقم نیز بالاترین میانگین این صفت در آبیاری کامل در رقم هلیل با ۱۴۵۶۲/۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۸). عملکرد دانه و ماده خشک گیاهان زراعی از جمله مهم ترین صفاتی هستند که به دنبال کاهش فتوسنتز ناشی از وقوع تنش کمبود آب کاهش می یابند (مهرابی و احسان-زاده، ۱۳۹۰). کمبود آهن موجب کاهش کلروفیل شده و در نتیجه عملکرد و ماده خشک گیاه نیز کاهش می یابد، در نتیجه محلول پاشی نانو کلات آهن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد می گردد (بقری و همکاران، ۱۳۹۳). افزایش عملکرد بیولوژیک با مصرف عناصر ریزمغذی علل مختلفی می تواند داشته باشد که از آن جمله می توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد شاخه فرعی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش ماده

(Zewail *et al.*, 2011) و گندم پاییزه Vician (& Kovacik, 2013) اشاره کرد. در پژوهشی اثر محلول پاشی اسید فولیک بر رشد و عملکرد گیاه سیب زمینی معنی دار گزارش شد (Ibrahim *et al.*, 2015).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر تنش خشکی، محلول پاشی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی در رقم و محلول پاشی در رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بودند (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک در آبیاری کامل و آبیاری تا ۵۰ درصد دانه بندی (به ترتیب با میانگین ۱۲۹۲۲/۶ و ۱۳۰۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۳). در بین ترکیب های مختلف محلول پاشی، بیشترین میانگین این صفت در ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک با میانگین ۱۴۰۱۴/۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). رقم هلیل دارای عملکرد بیولوژیک بالاتری در مقایسه با رقم دشتستان بود (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی در رقم، بالاترین عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری محلول پاشی با ترکیب نانو کلات آهن +

خشک در بوته اشاره کرد (سپهری و وزیری امجد، ۱۳۹۴).

شاخص برداشت

براساس نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس، اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی بر شاخص برداشت معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت در آبیاری کامل (عدم تنش) با میانگین ۱۷/۷۹ درصد بود که با تیمار قطع آبیاری در ۵۰ درصد دانه‌بندی (با میانگین ۱۶/۰۸ درصد) در گروه مشترکی قرار داشت و کمترین میانگین در سطح تنش شدید بود (جدول ۳). محلول‌پاشی با ترکیبات نانو کلات آهن، اسید فولیک و ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک در مقایسه با عدم محلول‌پاشی شاخص برداشت بالاتری داشتند (جدول ۴). شاخص برداشت نشان دهنده کسری از ماده خشک گیاه است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابد. عدم اختلاف بین ارقام از نظر شاخص برداشت، می‌تواند به دلیل عدم اختلاف ژنتیکی بین آن‌ها از نظر ظرفیت اختصاص تولیدات فتوسنتزی به بخش زایشی و دانه باشد (مهرابی و احسان‌زاده، ۱۳۹۰). در پژوهش حاضر به

دلیل رشد رویشی بسیار زیاد در مقایسه با عملکرد اقتصادی، میانگین این صفت پایین‌تر بود. اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت در نتیجه برهمکنش زمان و شدت تنش روی فرآیندهای رشد و نمو که اجزای عملکرد را مشخص می‌کنند، پیچیده است (Jaleel *et al.*, 2009). گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی، شاخص برداشت کاهش می‌یابد که بیانگر تأثیر بیشتر کمبود رطوبت بر فرآیندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی است (Eskandari *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

کنجد به دلیل تحمل به خشکی و گرما، اهمیت بسیاری در توسعه کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک به عنوان کشت تابستانه دارد. از نتایج این آزمایش نتیجه‌گیری می‌شود که می‌توان با حذف آبیاری بعد از مرحله دانه‌بندی، میزان مصرف آب را در زراعت این گیاه کاهش داد. نتایج نشان داد که گیاه کنجد به کمبود آهن حساس بوده و محلول-پاشی با ترکیب نانو کلات آهن + اسید فولیک (به دلیل جذب سریع‌تر و آسان‌تر) با افزایش شاخص‌های رشدی و عملکردی، عملکرد دانه

برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز. به زراعی کشاورزی. ۱۷(۴): ۸۶۶-۸۵۵.

آئین، ا. ۱۳۹۲. اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی دو ژنوتیپ کنجد. مجله به زراعی نهال و بذر. ۲-۲۹(۱): ۷۹-۶۷.

بقری، م.، ح. شمسی محمودآبادی، و ا. مروتی. ۱۳۹۳. اثر نانو کلات آهن بر اجزای عملکرد، میزان آهن و درصد روغن دانه کنجد رقم داراب ۱۴. اکوفیزیولوژی گیاهی، ۶(۱۸): ۷۹-۶۹.

بیاتی، ف.، ا. آینه‌بند، و ا. فاتح. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر مقادیر و زمان‌های کاربرد کود آهن نانو بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(۴): ۸۱۲-۸۰۵.

پاریزی‌مقدم‌فرد، ا. و م. ج. بحرانی. ۱۳۸۴. تأثیر کاربرد نیتروژن و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های زراعی کنجد. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱۳۵: ۳۶-۱۲۹.

پازکی، ع. ر.، ا. ح. شیرانی‌راد، د. حبیبی، ف. پاک‌نژاد، و س. م. حاج سید هادی. ۱۳۸۸. اثر زمان محلول پاشی آهن بر عملکرد

تولیدی و شاخص برداشت را در شرایط تنش بهبود بخشیده و اثر منفی ناشی از تنش خشکی را تعدیل نمود. در بین ارقام مورد آزمایش رقم هلیل از عملکرد دانه و شاخص بیولوژیک بالاتری در مقایسه با رقم دشتستان بود که این قدرت ژنتیکی بالا در این رقم، باعث گردید که میزان افت عملکرد در شرایط تنش شدید در این رقم کمتر از رقم دشتستان باشد. کشت رقم هلیل در مناطق گرم و خشک (همانند اقلیم جنوب تهران) و محلول پاشی با ترکیب نانو کلات آهن (با توجه به افزایش کارایی جذب این نوع کود) و اسید فولیک به منظور دستیابی به عملکرد بالا توصیه می‌گردد.

منابع

اصغری، ع.، ع. درگاهی، ع. رسول‌زاده، و م. احمدیان. ۱۳۹۲. ارزیابی صفات مورفولوژیک ارقام کنجد در شرایط تنش کم آبی با استفاده تجزیه به عامل‌ها. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۴): ۶۰۷-۵۹۳.

امیری‌نژاد، م.، غ. اکبری، ا. باقی‌زاده، ا. اله-دادی، م. شهبازی، و م. نعیمی. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر

- و اجزای عملکرد ارقام پاییزه کلزا در شهر ری. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴۱(۱)۵-۳۱.
- ایران از دیدگاه محققان. فصلنامه علمی- پژوهشی سیاست علم و فناوری. ۱۲(۱): ۲۶-۱۷.
۳۱. حسنی، م. ۱۳۹۰. اثر مقادیر مختلف کود آهن و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد در شرایط تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه کشاورزی دانشگاه زابل.
- درگاهی، ی.، ع. اصغری، ع. رسول‌زاده، خ. آقایی‌فرد و م. احمدیان. ۱۳۹۳. اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام کنجد (*Sesamum indicum L.*) به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی. ۲(۲): ۱۸۳-۱۷۱.
- ایران از دیدگاه محققان. فصلنامه علمی- پژوهشی سیاست علم و فناوری. ۱۲(۱): ۲۶-۱۷.
- سپهری، ع. و ز. وزیری امجد. ۱۳۹۴. اثر نانو کودهای آهن و روی بر عملکرد کمی کاسنی در تراکم‌های مختلف کاشت. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ویژه‌نامه: ۶۱-۷۴.
- فرحبخش، ص. و ح. فرحبخش. ۱۳۹۳. بررسی اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چند توده بومی کنجد در شرایط کرمان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(۴): ۷۸۳-۷۷۶.
- کردستانی، ر.، ق. محمدی‌نژاد، ع. توحیدی-نژاد، و ح. فرحبخش. ۱۳۸۸. تجزیه علیت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف کنجد تحت سطوح مختلف آهن در جیرفت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جیرفت. ۷۷ ص.
- مرادی‌زاده، م.، ح. شمسی‌محمودآبادی، و ا. مروتی، ۱۳۹۱. تأثیر نانو کلات آهن بر خواص کمی و کیفی آفتابگردان رقم سیرنا در منطقه
- رشنو، م. ح.، ز. ا. طهماسبی سروسستانی، ح. حیدری‌شریف‌آباد، س. ع. مدرس‌ثانوی، و ر. توکل‌افشاری. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی دو گونه یونجه یکساله. تولید گیاهان زراعی. ۶(۱): ۱۴۸-۱۲۵.
- رضایی، ر.، س. م. حسینی، ح. شعبانعلی-فمی، و ل. صفا. ۱۳۸۸. شناسایی و تحلیل موانع توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی

- Bybordi, A. and G. Mamedov.** 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. 2(1): 94-103.
- Darghani, Y., A. Asghari, A. Rasolzadeh, Kh. Aghaeifard, and M. Ahmadian.** 2014. Effect of water deficit stress on yield, water use efficiency and harvest index of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Applied Crop Breeding*. 2(2):171-183.
- Duta, P., K. Jana, P. Bandyopadhyay, and D. Maity.** 2000. Response of summer (*Sesamum indicum*L.) to irrigation. *Indian Journal of Agronomy*. 54: 613-616.
- Emam, M.M., A.H. El-Sweify, and N.M. Helal.** 2011. Efficiencies of some vitamins in improving yield and quality of flax plant. *African Journal of Agricultural Research*. 6(18): 4362-4369.
- Eskandari, H., S. ZehtabSalmasi, K. Ghassemi-Golezani, and M. H. Gharineh.** 2009. Effects of water limitation on grain and oil yields of sesame cultivars. *Journal of Food, Agriculture, and Environment*. 7(2): 339-342.
- میبد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد. ۶۷ ص.
- مقنی‌باشی، م.، و ج. رزمجو. ۱۳۹۱. تأثیر تیمار کردن با پلی‌اتیلن گلیکول و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و روغن دانه کنجد. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۱):۹۹-۹۱.
- مهرابی، ز.، و پ. احسان‌زاده. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت رژیم‌های رطوبتی خاک. به زراعی کشاورزی. ۱۳(۲): ۷۵-۸۸.
- Attibayéba Nsika-Mikoko, E., N. Kounkou, J. Sérina, J. Galet, C. Dianga, and F.Mandoukou-Yembi.** 2010. Description of different growth stages of (*Sesamum indicum*L.) using the extended BBCH scale. *Pakistan Journal of Nutrition*. 9 (3): 235-239.
- Bahrani, A.** 2015. Effect of some micro and macro nutrients on seed yield and oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Chemical Environmental and Biological Sciences*. 3(1): 71-74.

- Koch, E., E. Dittmann, W. Lipa, A. Menzel, J. Necovar, A. Van Vlieth, and S.Zach.** 2007. COST action 725. Applications: Overview and ersteergebnisse. Proceedings of the Meteorologentagung, DACH 2007 Hamburg, 10-14 September. COST 725, <http://top-share.wur.nl/cost725>.
- Liu, X., Z. Feng, S. Zhang, J. Zhang, Q. Xiao, and Y. Wang.** 2006. Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slower controlled release of fertilizers. Chinese Academy of Agricultural Sciences. 39:1598-1604.
- Mazaherinia, M., A. R. Astaraei, A. Fotovat, and A. Monshi.** 2010. Effect of Nano iron oxide particles and on Fe, Mn, Zn, Cu concentrations in wheat plant. World Applied Science Journal. 7(1):156-162.
- Michel, V., G. Zink, J. Schmidtke, and A. Anderl.** 2007. PIAF and PIAF stat, 278-279. In: Bleiholder, H., H.P. Piepho(Ed.): Agricultural Field Trials, Today and Tomorrow. Proceedings of the International Symposium 08-10 October, Stuttgart-Hohenheim, Germany. Verlag Grauer, Beuren Stuttgart, 284p.
- Ibrahim, M.F.M., H. G. AbdEl-Gawad, and A. M. Bondok.** 2015. Physiological impacts of potassium citrate and folic acid on growth, yield and some viral diseases of potato plants. Middle East Journal of Agriculture. 4(3): 477-598.
- Jabrin, S., S. Ravanel, B. Gambonnet, R. Douce, and F. Rebeille.** 2003. One-carbon metabolism in plants. Regulation of Tetrahydrofolate synthesis during germination and seedling development. Plant Physiology. 131: 1431-1439.
- Jain, S., R. Yue-Lioang, L. E. Mei-wang, Y. Ting-Xian, Y. Xiao-Wen, and Z. Hong-Ving.** 2010. Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. Chinese Journal of Oil Crops Sciences. 4: 42-48.
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H. J. Al-Juburi, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam.** 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology. 11(1): 100-105.

- Ruiz, J. M., M. Baghour, and L. Romers.** 2000. Efficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and the response of some bio indicators. *Plant Nutrition*. 23: 1777-1786.
- Shirani Rad, A. H., M. Naeemi, and Sh. Nasr Esfahani.** 2010. Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12(2): 112-126.
- Silva, R., A. Oliveira, M. Lopes, M. Guimaraes, and A. Dutra.** 2016. Physiological quality of sesame seeds produced from plants subjected to water stress. *Revista Ciencia Agronomica*. 47(4): 643-648.
- Stakhova, L.N., L.F. Stakhov, and V.G. Ladygin.** 2000. Effects of exogenous folic acid on the yield and amino acid content of the seed of *Pisum sativum* L. and *Hordeum vulgare* L. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 36(1): 98-103.
- Trunctunk, R. and M. Trunkturk.** 2006. Effects of different phosphorous levels on the yield and quality components of cumin (*Cuminum cyminum* L.).
- Murty, G. S. A. and C. R. Bhatia.** 1990. Effect of recurring water stress on growth, yield and other agronomic characters in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter*. 5: 4-10.
- Omidi, A. H.** 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. *Seed and Plant Production Journal*. 25-2(1):15-31.
- Pagter, M., C. Bragato, and H. Brix.** 2005. Tolerance and physiological responses of (*Phragmites australis*) to water deficit. *Aquatic Botany*. 81: 285-299.
- Poudineh, Z., Z.G. Moghadam, and S. Mirshekari.** 2015. Effects of humic acid and folic acid on sunflower under drought stress. *Biological Forum – An International Journal*. 7(1): 451-454.
- Rahimi, M. M. and D. Mazaheri.** 2004. Effects of micronutrient of iron and zinc on theyield and components yield second cultivation at two different varieties of sunflower in Arsanjan region. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture*. 64: 16-21.

- Zareie, S., P. Golkar, and G. H. Mohammadi Nejad.** 2011. Effect of nitrogen and iron fertilizers on seed yield and yield components of safflower genotypes. *Journal of Agricultural Research.* 6(16): 3924-3929.
- Zewail, R.M., Z.M. Khder, and M.A. Mady.** 2011. Effect of potassium, some antioxidants, phosphoric acid and naphthalen acetic acid (NAA) on growth and productivity of faba bean plants (*Faba vulgaris* L.). *Annals of Agricultural Science Moshtohor Journal.* 49(1): 53-64.
- Agriculture Biological Science. 2(6): 336-340.
- Vician, M. and P. Kovacik.** 2013. The effect of foliar application of mg-titanit fertilizer on phytomass, chlorophyll production and the harvest of winter wheat. *Mendel Net.* 3: 162-168.
- Yeritsyan, N. and C. Economakis.** 2002. Effect of nutrient solution's iron concentration on growth and essential oil content of oregano plants growth in solution culture. *Acta Horticulture.* 576:277-283.

.Effect of nano-iron and folic acid foliar application on yield and yield components of sesame varieties after wheat cultivation under drought stress conditions

N. Ayobizadeh¹, G. Laei^{1*}, M. Amini Dehaghi², J. Masood Sinaki¹, S. Rezvan Biddokhti¹

1. Department of Agriculture, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

2. Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

Abstract

To evaluate the foliar application of nano-iron and folic acid on yield and yield components of two sesame cultivars after wheat cultivation under drought stress conditions an experiment was conducted as split factorial experiment based on complete blocks design with three replications in Research Farm of Shahed University in 2015-16. The experimental factors included drought stress in three levels: full irrigation (control), irrigation up to 50% of the seed ripening (moderate stress equivalent 75 BBCH) and irrigation to 50% flowering (severe stress equivalent 65 BBCH) as main factor and foliar application in four levels: non-application (control), iron nano chelate (3 per thousand based on 10 kg/ha), folic acid (3 per thousand based on 2 kg/ha) and combined (iron nano chelate + folic acid) and two sesame cultivars (Dashtestan and Halil) as sub factors were considered. The results showed that the drought stress reduces the plant height, number of capsules per plant, weight of 1000-seeds, and seed and biological yield compared to the control. Spraying the plant with combination of iron nano chelate + folic acid increased the weight of 1000- seeds, grain yield, and biological yield by 26.39, 48.72 and 29.17%. The highest grain yield and biological yield achieved foliar with a combination of iron nano chelate + folic acid in the Halil cultivar with 2507.2 and 15030.3 kg/ha. In general, severe drought stress caused a significant decrease in the average of yield and yield components, but by spraying with combination of iron nano chelate and folic acid, the average yield and yield components can increase under the same conditions.

Keywords: BBCH, Harvest index, Irrigation withholding, Nano fertilizer, spraying, summer planting

* Corresponding author (ghanbar.laei@gmail.com)