Archive of SID

تاثیر کیتوزان و نانو کود منیزیم بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های کنجد در شرایط تنش خشکی

جابر خردادی ورامین[۱]، فرزاد فنودی[۲*]، جعفر مسعود سینکی[۳]، شهرام رضوان[۴] و علی دماوندی[۵]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

۲، ۳، ۴ و ۵) گروه زراعت، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

* نویسنده مسئول: Farzadfanoodi@yahoo.com

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کیتوزان و کود نانو منیزیم بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک دو رقم کنجد در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت اسپیلت فاکتوریل بر مبنای بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه ورامین استان تهران در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. قطع آبیاری بر اساس مقیاس BBCH به‌عنوان فاکتور اصلی (آبیاری مطلوب، قطع آبیاری در مراحل ۶۵ و ۷۵ BBCH) و فاکتورهای فرعی شامل ارقام اولتان و دشتستان ۲ و محلول‌پاشی نانو منیزیم (محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی) و کیتوزان (صفر، ۴/۸ و ۶/۴ گرم بر لیتر) بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی، نانو کود و کیتوزان بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک ارقام کنجد معنی‌دار بودند. بیشترین تعداد کپسول در تیمار آبیاری مطلوب با میانگین ۱۱۰/۷ عدد در بوته بود. کمترین عملکرد دانه در تیمار عدم کاربرد کیتوزان تحت شرایط تنش شدید (آبیاری تا ۶۵BBCH) مشاهده شد که در مقایسه با آبیاری مطلوب و کاربرد ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان کاهش ۶۹/۸ درصدی داشت. آبیاری تا ۶۵BBCH در هر دو شرایط کودی کاربرد و عدم کاربرد نانو کود منجر به افت ۲۳/۸ و ۲۱/۹ درصدی محتوی روغن شد. تیمار آبیاری مطلوب دارای بیشترین درصد روغن (۵۰/۲۵ درصد) و عملکرد روغن (۵۷۸/۵ کیلوگرم در هکتار) بود و آبیاری تا ۶۵BBCH کمترین میانگین درصد روغن (۴۰/۰۵ درصد) و عملکرد روغن (۱۹۹/۰ کیلوگرم در هکتار) را داشت. ژنوتیپ دشتستان-۲ تحت شرایط آبیاری مطلوب بیشترین محتوی کلروفیل کل را داشت که در مقایسه با تنش شدید افزایش ۳۰/۴ درصدی نشان داد. در مقایسه مابین دو ژنوتیپ مورد آزمایش، دشتستان ۲ از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن در مقایسه با رقم اولتان از میانگین بالاتری برخوردار بود. به‌طور کلی نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله BBCH۶۵ منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شد که با محلول‌پاشی نانو کود منیزیم و کیتوزان اثرات منفی ناشی از تنش تعدیل شد. همچنین میزان تحمل ژنوتیپ دشتستان-۲ در مقایسه با اولتان بالاتر بود و واکنش مثبت بیشتری به کاربرد این کودها نشان داد.

واژه‌های کلیدی: دانه روغنی، عملکرد دانه، فعالیت آنتی اکسیدانی و کلروفیل کل.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

مقدمه

کنجد[1] گیاهی یکساله با سابقه زراعی ۵۰۰۰ ساله، به‌علت دارا بودن میزان بالای روغن (۴۵ درصد)، پروتئین (۱۹ تا ۲۵ درصد) و کربوهیدرات (۱۳/۵ درصد) به‌عنوان ملکه گیاهان دانه روغنی جزء منابع تغذیه‌ای مناسب محسوب می‌گردد (مقنی‌باشی نجف‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۸). روغن آن به لحاظ وفور اسیدهای چرب غیراشباع چون اسید اولئیک و خصوصاً اسید لینولئیک و همچنین مقادیر کمی اسید استریک، پالمیتیک و آراشیدیک از کیفیت بالایی برای تغذیه انسان برخوردار است (Roul *et al*., 2017). در میان شرایط محیطی مختلف برای کشت گیاهان، آب یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدود کننده تولیدات گیاهی می‌باشد. پژوهشگران بیان داشتند که کمبود آب بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژی گیاهان تأثیرگذار است (Hasanvandi *et al*., 2014). بنابراین کمبود منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران ضرورت استفاده بهینه از آب برای تولید محصولات کشاورزی را نمایان می‌سازد. پژوهشگران درباره اثرات کمبود آب بیان داشتند که کاهش وزن دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به آبیاری مطلوب را می‌توان به کاهش فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاه تحت شرایط تنش نسبت داد (محسن‌نیا و جلیلیان، ۱۳۹۱). پژوهشگران معتقدند گیاهان در شرایط خشکی از راه‌های مختلف از جمله بستن روزنه‌ها، تنظیم اسمزی و تجمع مواد محلول سازگار از خشکی بردباری می‌کنند (Farouk and Amany, 2012). تحقیقات مختلف نشان داده است که یک ارتباط قوی بین تحمل به تنش‌های اکسیداتیو که به‌دلیل تنش‌های محیطی ایجاد می‌شود و افزایش در غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان فتوسنتز کننده وجود دارد. هم‌چنین شواهدی وجود دارد که تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله خشکی، با افزایش محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد (Malik *et al*., 2010). در پژوهشی پژوهشگران نشان دادند که تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز را افزایش می‌دهد و غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش دو برابر شده و لذا باعث افزایش مقاومت به تنش‌های اکسیداتیو می‌شوند (Lascano *et al*., 2005). گلوتاتیون می‌تواند بسیاری از اجزای سلولی از جمله گروه‌های لیتول پروتئین‌ها را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت نماید. در مطالعه‌ای دیگر تنش خشکی باعث افزایش میزان آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در ژنوتیپ‌های مختلف گندم گردید (Sharma and Dubey, 2005). یکی از مباحث مهم در شرایط تنش‌های محیطی، مدیریت تغذیه گیاه می‌باشد. استفاده از نانو فناوری در تولید کودها موجب رهایش بهینه و افزایش کارایی جذب عناصر غذایی موجود در کود می‌شود که منجر به فواید اقتصادی و زیست‌محیطی قابل توجهی می‌گردد و می‌تواند گامی موثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Morales-Diaz *et al*., 2017). به گزارش پژوهشگران مصرف انواع کودها به شکل نانو

1- *Sesamum indicum* L.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

باعث افزایش رشد در گیاهان می‌گردد (Singh *et al*., 2015). کیتوزان ($C_{11}H_{17}O_7N_2$) یک پلی‌ساکارید پلی‌کاتیونی، به‌عنوان دومین فراوان‌ترین پلیمر بر روی زمین شناخته می‌شود که از دیواره سلولی برخی قارچ‌ها، حشرات و همچنین برخی جلبک‌ها تولید می‌گردد. این ماده متعلق به خانواده کربوهیدرات‌ها یکی از بهترین موادی است که می‌تواند رشد گیاهان را بهبود بخشد (Sheikha and AL-Malki, 2011). کیتوزان به‌دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای و کاهش مقدار تعرق باعث افزایش مقدار فتوسنتز شده و می‌تواند بر ارتفاع گیاهان، ریشه‌ها و مقدار زیست توده گیاهی تاثیر گذارد (Boonlertnirun *et al*., 2017). کنجد به‌خوبی در تناوب با محصولاتی مانند گندم، ذرت، سورگوم، پنبه، یونجه، سویا و بسیاری از سبزیجات قرار می‌گیرد. به‌همین دلیل و با توجه به نیاز روزافزون به استفاده از منابع دانه‌های روغنی با کیفیت، و نیاز کشور به افزایش روزافزون این محصول، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکود منیزیم و محرک رشد کیتوزان بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد، میزان روغن دانه و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم کنجد اولتان و دشتستان ۲ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی در جنوب شهرستان ورامین در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی (بر اساس مقیاس BBCH به‌عنوان عامل اصلی، آبیاری مطلوب (I_1)، قطع آبیاری در مرحله BBCH ۶۵ (مرحله گلدهی) (I_2) و قطع آبیاری در مرحله BBCH ۷۵ (رسیدگی کپسول‌ها) (I_3) و ژنوتیپ‌های کنجد در دو سطح شامل اولتان و دشتستان-۲، محلول-پاشی نانو کود منیزیم در دو سطح شامل عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی نانو منیزیم (۲ گرم در لیتر) و محلول‌پاشی کیتوزان در سه سطح شامل ۰، ۴/۸ و ۶/۴ گرم بر لیتر به‌عنوان عوامل فرعی بودند. BBCH مقیاسی است که به‌عنوان یک منبع برای گزارش‌دهی و آنالیز سیستم‌های IT در داده‌های رشته کشاورزی به‌کار می‌رود. مراحل فنولوژی گیاهان بر طبق کدهای BBCH در زمان خاص خود تعریف می‌شود. مراحل رشد فنولوژیکی گیاه کنجد با استفاده از معیار کددهی 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 *et al*., 2010). قبل از کاشت، جهت تعیین وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌گیری ترکیبی انجام و یک نمونه به آزمایشگاه خاک آزما نگین واقع در شهرستان ورامین منتقل گردید. طبق نتایج آزمون خاک، خاک مزرعه دارای بافت لومی و اسیدیته آن برابر ۷/۶۸ بوده است (جدول ۱). هر کرت شامل چهار ردیف کشت به طول چهار متر بود. فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف کشت ۱۰ سانتی‌متر لحاظ شد. بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و بین تکرارها سه متر فاصله منظور گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

عملیات تهیه زمین در بهار ۱۳۹۶ انجام گرفت. بذر کنجد در دو رقم اولتان و دشتستان-۲ به‌صورت کشت دستی در عمق یک سانتی‌متر در تاریخ بیستم خرداد ماه صورت گرفت. مراحل کوددهی کرت‌های آزمایشی بر اساس سطوح تعیین شده، پس از انجام آزمون خاک بر مبنای ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره، پتاسیم از منبع فسفات پتاسیم و فسفر از منبع سوپر فسفات انجام شد (Mahdavi *et al*., 2018). آبیاری کرت‌ها به‌صورت جوی و پشته‌ای و تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A (در ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه) صورت گرفت (Mahdavi *et al*., 2018).

جدول ۱: نتایج آزمون خاک محل آزمایش

عمق	بافت	شن	سیلت	رس	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کل مواد خنثی شده	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته
(سانتی متر)		(درصد)			(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			(درصد)		(دسی زیمنس بر متر)	
۰-۳۰	لوم	۳۵	۴۶	۱۹	۳۸۴/۲	۱۲	۰/۰۵	۲۰/۵۸	۰/۵۵	۳/۳۸	۷/۶۸

با توجه به اثرات منفی سطوح بالای کیتوزان، محلول‌پاشی کیتوزان سطح اول در طی یک مرحله (BBCH ۶۵) اما محلول‌پاشی کیتوزان سطح دوم در طی دو مرحله (BBCH ۷۵ و ۶۵) صورت گرفت. محلول‌پاشی با استفاده از سم‌پاش دستی (۱۰ لیتری) بر مبنای یک لیتر برای هر کرت آزمایشی (به‌طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند) اعمال گردید. با توجه به اندازه کرت‌های آزمایشی، میزان مصرف نانو کود منیزیم ۲/۵ کیلوگرم در هکتار و کیتوزان شش و هشت کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برای سطوح ۴/۸ و ۶/۴ گرم بر لیتر محاسبه شد. بعد از اعمال تیمارهای تنش خشکی و آخرین محلول‌پاشی نمونه‌گیری از برگ‌های جوان به‌منظور اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی صورت گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری کلروفیل کل از روش Arnon (۱۹۴۹)، پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳)، پلی فنل اکسیداز از روش Gonzalez و Cano (۱۹۹۹) آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز از روش Schaedle و Basham (۱۹۷۷) استفاده شد. بعد از رسیدگی فیزیولوژیک و بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای از هر کرت تعداد ده بوته به‌تصادف انتخاب و صفات عملکردی اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیولوژیک، بوته‌های موجود در یک مترمربع از هر کرت برداشت و بعد از خشک کردن در فضای آزاد، عملکرد دانه و بیوماس خشک به ازای واحد سطح محاسبه شد. درصد روغن دانه به روش پیشنهادی AOAC اندازه‌گیری و در نهایت بعد از ضرب در عملکرد دانه، عملکرد روغن نیز محاسبه گردید (AOAC, 1984). نرمال-سازی داده‌های به‌دست آمده با استفاده از آزمون‌های Kolmogorov-Smirnov و ShapiroWilk و تجزیه واریانس آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

نتایج و بحث

تعداد دانه در کپسول

تیمار آبیاری مطلوب بالاترین تعداد دانه در کپسول (۹۸/۴ عدد) را داشت و آبیاری تا BBCH ۶۵ کمترین میانگین این صفت (۶۵/۲ عدد) را داشت. کاربرد نانو کود منیزیم باعث افزایش ۷/۶۹ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار شاهد گردید. در مقایسه میانگین اثر کیتوزان، کاربرد ۴/۸ و ۶/۴ گرم بر لیتر از این ترکیب باعث ایجاد بیشترین تعداد دانه در کپسول (به‌ترتیب با میانگین ۸۴ و ۸۴/۴ عدد) گردید و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد این تیمار بود. در مقایسه بین ژنوتیپ‌ها نیز، ژنوتیپ دشتستان-۲ دارای تعداد دانه در کپسول بیشتری در مقایسه با ژنوتیپ اولتان بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در کیتوزان نشان داد که بیشترین تعداد دانه در کپسول در ترکیب تیماری کاربرد ۴/۸ و ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان تحت شرایط آبیاری مطلوب به ترتیب با میانگین ۱۰۰/۹ و ۱۰۰/۸ عدد بود و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد کیتوزان در سطح تنش شدید (آبیاری تا BBCH۶۵) با میانگین ۵۷ عدد به دست آمد (داده‌ها ارائه نشده است). کاهش جریان فرآورده‌های فتوسنتزی به تخمک‌های لقاح یافته در اواخر مرحله گلدهی که از نظر نیاز آبی بحرانی می‌باشد، باعث سقط جنین دانه‌ها و افت تعداد دانه در کپسول می‌گردد (Koutroubas *et al*., 2004). به نظر می‌رسد بروز تنش از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی گیاه و افت فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرآیند می‌شود. هم‌چنین طی مرحله گلدهی و گرده‌افشانی کمبود آب باعث خشک شدن دانه گرده و کلاله مادگی شده و این مسئله سبب اختلال در گرده‌افشانی توسط حشرات می‌گردد (Pouresmaiel *et al*., 2013). علت افزایش تعداد دانه با مصرف منیزیم احتمالاً به‌دلیل فراهم شدن رشد سریع و تولید منابع فراوان برای فتوسنتز و ماده-سازی بیشتر، منجر به افزایش رشد و تولید تعداد دانه در بوته بالاتر می‌شود (محسن‌نیا و جلیلیان، ۱۳۹۱).

تعداد کپسول

تعداد کپسول در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که بیشترین سهم را در میزان عملکرد گیاه ایفا می‌کند. بیشترین تعداد کپسول در تیمار آبیاری مطلوب با میانگین ۱۱۰/۷ عدد در بوته بود و کمترین میانگین در آبیاری تا BBCH۶۵ مشاهده شد. کاربرد نانو کود منیزیم منجر به افزایش میانگین تعداد کپسول در بوته شد به‌طوری کاربرد این نانو کود بیشترین و عدم کاربرد نانو کود کمترین تعداد کپسول در بوته را داشت. در مقایسه میانگین اثر کیتوزان، بیشترین میانگین این صفت در کاربرد ۴/۸ و ۶/۴ گرم بر لیتر با میانگین ۱۰۱/۲ و ۱۰۲/۰ عدد در بوته به‌دست آمد و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد مشاهده شد. در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، دشتستان-۲ دارای تعداد کپسول در بوته بیشتری از ژنوتیپ اولتان بود (جدول ۲). تنش خشکی در مرحله گلدهی با ریزش تعداد کپسول‌های تشکیل شده و عدم

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

تشکیل آن‌ها، باعث کاهش تعداد کپسول در بوته می‌گردد (Jain *et al*., 2010). Mandal (۲۰۱۰) گزارش کرد که تنش‌های زیستی در مراحل زایشی منجر به عدم تشکیل گل، کاهش تعداد کپسول و شکل‌گیری کپسول‌های نابارور می‌گردد. در بررسی توسط آئین (۱۳۹۲) بر روی اثرات کم‌آبیاری بر گیاه کنجد نتایج نشان داده شد که، تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد کپسول در بوته شد. علت افزایش تعداد کپسول تحت شرایط کاربرد نانو کود، احتمالاً به دلیل فراهم شدن رشد سریع و تولید منابع فراوان برای فتوسنتز و ماده سازی بیشتر از طریق کاربرد کودهای نانو، منجر به افزایش رشد و تولید تعداد کپسول در بوته بالاتر می‌شود. منیزیم بخشی از کلروفیل بوده و با توجه به نقش آن در فتوسنتز، استفاده از این عنصر باعث افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد می‌گردد. این عنصر از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است که در شرایط کمبود آن، تعداد رنگدانه‌های فتوسنتز کننده و مقدار کلروفیل برگ‌ها کاهش می‌یابد که در این صورت به علت کاهش مواد فتوسنتزی قابل دسترس، کاهش تعداد کپسول در بوته دور از انتظار نیست. کاهش اثرات منفی تنش خشکی و جلوگیری از کاهش تعداد غلاف در سویا توسط الیسیتور کیتوزان گزارش گردید (Javan *et al*., 2013).

وزن هزار دانه

در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در نانو کود منیزیم، بیشترین وزن هزار دانه در ترکیب تیماری کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ۳/۳۴ گرم به‌دست آمد و کمترین میانگین در عدم کاربرد نانو کود تحت شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری تا ۶۵BBCH) با میانگین ۲/۵۵ گرم مشاهده شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که کاهش وزن هزار دانه به علت کاهش مواد غذایی باشد که این کاهش می‌تواند به‌علت کاهش ارتفاع و رشد رویشی و در نهایت کاهش سهم مواد فتوسنتزی گیاه و کم شدن سهم دانه در دریافت کربوهیدرات باشد. هم‌چنین ممکن است کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به‌علت کاهش دوره پر شدن دانه و پیری زودرس گیاه باشد. در همین راستا پژوهشگران به کاهش وزن هزار دانه با اعمال تنش رطوبتی در گیاه آفتابگردان، گلرنگ و سویا اذعان داشتند که با نتایج ما در مطالعه حاضر مطابقت دارد (Jain *et al*., 2010). منیزیم عنصری مهم در متابولیسم گیاهی بوده و کارایی گیاه را در کربن‌گیری بالا می‌برد و افزایش وزن هزار دانه، دال بر افزایش میزان مواد آلی ساخته شده توسط گیاه می‌باشد. Azizi و همکاران (۲۰۱۱) افزایش وزن هزار دانه را با کاربرد سولفات منیزیم را گزارش نمودند. محققین افزایش وزن هزار دانه را با محلول‌پاشی کیتوزان بر روی گیاهان کنجد اعلام کردند (Alavi Asl *et al*., 2016).

عملکرد دانه

بیشترین میانگین عملکرد دانه در کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ۱۲۹۳/۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد نانو کود در تنش شدید خشکی (آبیاری تا BBCH ۶۵) با

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

میانگین ۴۶۷/۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). در مقایسه میانگین تنش خشکی در کیتوزان، بیشترین میانگین این صفت در ترکیب تیماری کاربرد ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان تحت شرایط آبیاری مطلوب (عدم تنش) با میانگین ۱۲۹۵/۵ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد کیتوزان تحت شرایط تنش شدید خشکی (آبیاری تا BBCH ۶۵) با میانگین ۴۱۵/۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در ژنوتیپ، بیشترین میانگین این صفت در آبیاری مطلوب در ژنوتیپ دشتستان-۲ با میانگین ۱۱۸۸ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میانگین در تنش خشکی شدید (آبیاری تا BBCH ۶۵) در ژنوتیپ اولتان با میانگین ۴۶۹/۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کود منیزیم در کیتوزان، بیشترین میانگین این صفت در ترکیب تیماری کاربرد نانو کود منیزیم به همراه ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان با میانگین ۱۰۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین میانگین این صفت در عدم کاربرد نانو کود منیزیم و کیتوزان با میانگین ۵۹۷/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش سطح برگ و ریزش گل و میوه موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Doupis *et al*., 2013). در شرایط تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) کاهش عملکرد دانه در هر بوته به علت کاهش مواد غذایی می‌باشد، که این کاهش می‌تواند به علت کاهش ارتفاع، رشد رویشی و در نهایت کاهش سهم فتوسنتزی گیاه و کم شدن سهم دانه در دریافت کربوهیدرات باشد. چنانچه در زمان عبور از فاز رویشی به زایشی، گیاه با محدودیت آبی مواجه شود این موضوع باعث کاهش فتوسنتز شده و با توجه به این که در آن زمان تعداد دانه و وزن دانه در حال شکل‌گیری است، این عمل باعث تسریع پیری و کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و وزن دانه‌ها می‌گردد که در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Zarei *et al*., 2018). کاربرد کود سولفات منیزیم بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس در شرایط اقلیمی خرم‌آباد نشان داد که سولفات منیزیم باعث افزایش عملکرد دانه گردید.

عملکرد بیولوژیک

بالاترین عملکرد بیولوژیک در آبیاری مطلوب با میانگین ۷۲۹۲/۳ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تنش شدید افزایش ۵۲/۰۴ درصدی نشان داد. در مقایسه میانگین اثر نانو کود منیزیم، کاربرد نانو کود باعث افزایش ۱۱/۷۹ درصدی میانگین این صفت در مقایسه با تیمار عدم کاربرد گردید. کاربرد ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان باعث ایجاد بیشترین عملکرد بیولوژیک شد و کمترین میانگین این صفت در تیمار عدم کاربرد کیتوزان (۴۱۵۰/۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر تنش خشکی در نانو کود منیزیم، بیشترین عملکرد بیولوژیک در کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط آبیاری مطلوب (۷۷۳۲/۲ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین میانگین این صفت در تنش شدید تحت شرایط کاربرد و عدم کاربرد نانو کود به دست آمد (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر شرایط آب و هوایی، خاک و گیاه قرار

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

گرفته و تنش خشکی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم (کاهش سطح برگ، کاهش آماس، بسته شدن روزنه‌ها)، باعث کاهش تولید ماده خشک گیاه می‌گردد (Jiriaie *et al*., 2009). کاهش مواد ذخیره‌ای فتوسنتزی در ساقه و کاهش سطح فتوسنتز کننده برگ‌ها منجر به کاهش اندازه مخزن گردید و سبب کاهش عملکرد دانه شد، این دو مولفه منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک کنجد شد. کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی در گیاه کنجد گزارش شده است (Mathobo and Steyn, 2017). اعمال تیمارهای محلول‌پاشی منیزیم موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید، دلیل این امر وجود منیزیم در ساختار کلروفیل به‌عنوان رنگیزه اصلی فتوسنتزی و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک است. در آزمایشی اثر محلول‌پاشی سولفات منیزیم بر اجزای عملکرد عدس گزارش شد که منیزیم باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید (Azizi *et al*., 2011).

درصد و عملکرد روغن

تیمار آبیاری مطلوب دارای بیشترین درصد روغن (۵۰/۲۵ درصد) و عملکرد روغن (۵۷۸/۵ کیلوگرم در هکتار) بود و آبیاری تا ۶۵BBCH کمترین میانگین درصد روغن (۴۰/۰۵ درصد) و عملکرد روغن (۱۹۹/۰ کیلوگرم در هکتار) را داشت. کاربرد نانو کود منیزیم و همچنین ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان دارای بیشترین درصد و عملکرد روغن بود و عدم کاربرد این دو ترکیب (تیمار شاهد) کمترین میانگین این صفت را نشان داد. ژنوتیپ دشتستان-۲ دارای بیشترین درصد و عملکرد روغن در مقایسه با ژنوتیپ اولتان را داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد روغن در کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط آبیاری مطلوب (۶۸۷/۴ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد نانو کود تحت شرایط تنش شدید (۱۸۲/۹ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در کیتوزان، کاربرد ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان تحت شرایط آبیاری مطلوب (۶۸۵ کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد کیتوزان تحت شرایط آبیاری تا ۶۵BBCH (۱۵۸/۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر تنش خشکی در ژنوتیپ، بیشترین عملکرد روغن دانه در دشتستان-۲ در آبیاری مطلوب و کمترین میانگین در آبیاری تا ۶۵BBCH در ژنوتیپ مشاهده شد (جدول ۵). کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد. پژوهشگران دلایل کاهش درصد روغن دانه در اثر تنش خشکی را کاهش فتوسنتز جاری و طول دوره پر شدن دانه ذکر نمودند (Bellaloui *et al*., 2011). عملکرد روغن متأثر از تغییرات عملکرد دانه و میزان روغن است و بر اساس تحقیق یداللهی ده‌چشمه و همکاران (۱۳۹۲) عملکرد روغن ارقام، نسبت به درصد روغن دانه بیشتر تحت تأثیر عملکرد دانه قرار گرفت. طبق پژوهش‌های Jouyban و همکاران (۲۰۱۶) افزایش فواصل آبیاری بر درصد و عملکرد روغن گیاه کنجد معنی‌دار گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر تنش خشکی، کاربرد نانو کود منیزیم و کیتوزان بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم کنجد

سطوح تنش خشکی	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	گلوتاتیون ردوکتاز (واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	پلی فنل اکسیداز (واحد آنزیم بر میلی-گرم پروتئین)
آبیاری مطلوب	۹۸/۴ a	۱۱۰/۷ a	۳/۲۰ a	۷۲۹۲/۳ a	۵۰/۲۵a	۵۷۸/۵ a	۲۷/۴۶ a	۰/۹۷ c	۰/۰۲۷ b	۰/۳۵۱ b
آبیاری تا ۶۵BBCH	۶۵/۲ c	۸۴/۴ c	۲/۶۰ c	۳۴۹۷/۲ c	۴۰/۰۵b	۱۹۹/۰ c	۲۱/۰۵ b	۱/۵۴ a	۰/۰۵۰ a	۰/۴۴۴ a
آبیاری تا ۷۵BBCH	۷۸/۵ b	۹۷/۰ b	۲/۷۸ b	۴۸۶۴/۴ b	۴۲/۸۱b	۳۱۶/۵ b	۲۷/۲۳ a	۱/۴۲ b	۰/۰۴۶ a	۰/۳۹۷ ab
نانو کود منیزیم										
عدم کاربرد	۷۶/۸۸ b	۹۴/۵۱ b	۲/۷۷ b	۴۸۹۰/۹ b	۴۲/۸۲b	۳۰۹/۰ b	۲۴/۷۹ a	۱/۲۷ b	۰/۰۳۷ b	۰/۴۱۰ a
کاربرد (۲ گرم بر لیتر)	۸۳/۲۹ a	۱۰۰/۳۵ a	۲/۹۵ a	۵۵۴۵/۱ a	۴۵/۹۲a	۴۲۰/۲ a	۲۵/۷۱ a	۱/۳۴ a	۰/۰۴۶ a	۰/۳۸۵ a
کیتوزان										
عدم کاربرد	۷۱/۷ b	۸۸/۹ b	۲/۷۵ c	۴۱۵۰/۴c	۴۲/۳۶c	۲۹۴/۶ c	۲۴/۷۲ b	۱/۲۷ b	۰/۰۲۱ b	۰/۳۱۸ b
۴/۸ گرم بر لیتر	۸۴/۰ a	۱۰۱/۲ a	۲/۸۶ b	۵۱۹۷/۶ b	۴۴/۴۸b	۳۶۵/۴ b	۲۶/۳۴ a	۱/۳۶ a	۰/۰۲۵ b	۰/۳۵۰ b
۶/۴ گرم بر لیتر	۸۴/۴ a	۱۰۲/۰ a	۲/۹۷ a	۶۰۰۶/۰ a	۴۶/۲۷a	۴۳۳/۹ a	۲۴/۶۸ b	۱/۲۹ b	۰/۰۷۸ a	۰/۵۲۵ a
ژنوتیپ										
اولتان	۷۵/۶ b	۹۲/۶ b	۲/۸۵ a	۴۴۴۸/۴ b	۴۳/۸۲b	۳۴۱/۲ b	۲۴/۹۹ a	۱/۳۹ a	۰/۰۴۱ a	۰/۴۰۶ a
دشتستان ۲	۸۴/۵ a	۱۰۲/۲ a	۲/۸۷ a	۵۹۸۷/۶ a	۴۴/۹۲a	۳۸۸/۰ a	۲۵/۵۱ a	۱/۲۳ b	۰/۰۴۲ a	۰/۳۸۹ a

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشابه، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت غیرمعنی‌دار دارند.

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در نانو کود منیزیوم بر برخی صفات کمی و کیفی کنجد

تنش خشکی	منیزیوم	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	پرولین (میلی‌مول بر گرم وزن تر)
آبیاری مطلوب	عدم کاربرد	۳/۰۵ b	۹۷۸/۸ b	۶۸۵۲/۴ b	۴۶۹/۵ b	۰/۸۲ d
	کاربرد	۳/۳۴ a	۱۲۹۳/۹ a	۷۷۳۲/۲ a	۶۸۷/۴ a	۱/۱۲ c
آبیاری تا ۶۵BBCH	عدم کاربرد	۲/۵۵ e	۴۶۷/۹ f	۳۳۷۸/۹ e	۱۸۲/۹ f	۱/۶۰ a
	کاربرد	۲/۶۵ de	۵۱۹/۵ e	۳۶۱۵/۶ e	۲۱۵/۰ e	۱/۴۷ b
آبیاری تا ۷۵BBCH	عدم کاربرد	۲/۷۲ d	۶۵۲/۲ d	۴۴۴۱/۳ d	۲۷۴/۵ d	۱/۳۹ b
	کاربرد	۲/۸۵ c	۸۱۶/۲ c	۵۲۸۷/۶ c	۳۵۸/۴ c	۱/۴۴ b

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشابه، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت غیرمعنی‌دار دارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در کیتوزان بر برخی صفات کمی و کیفی کنجد

تنش خشکی	کیتوزان (گرم بر لیتر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	گلوتاتیون ردوکتاز (واحد آنزیم بر میلی-گرم پروتئین)	پلی فنل اکسیداز (واحد آنزیم بر میلی-گرم پروتئین)
آبیاری مطلوب	عدم کاربرد	۹۷۳/۹ c	۶۶۵۰/۲ c	۴۷۲/۰ c	۰/۰۱۶ e	۰/۳۴۲ d
	۴/۸	۱۱۳۹/۷ b	۷۸۴۳/۵ a	۵۷۸/۴ b	۰/۰۳۷ c	۰/۲۶۲ e
	۶/۴	۱۲۹۵/۵ a	۷۳۸۳/۳ b	۶۸۵/۰ a	۰/۰۳ cd	۰/۴۴۹ bc
آبیاری تا ۶۵BBCH	عدم کاربرد	۴۱۵/۸ i	۲۴۷۵/۳ h	۱۵۸/۱ h	۰/۰۲۱ de	۰/۲۷۰ e
	۴/۸	۴۹۲/۲ h	۴۲۹۱/۷ f	۱۹۷/۵ g	۰/۰۲ e	۰/۴۳۸ c
	۶/۴	۵۷۳/۲ g	۳۷۲۴/۷ g	۲۴۱/۳ f	۰/۱۱ a	۰/۶۲۳ a
آبیاری تا ۷۵BBCH	عدم کاربرد	۶۱۴/۵ f	۳۳۲۵/۸ g	۲۵۳/۹ f	۰/۰۲۵ de	۰/۳۴ d
	۴/۸	۷۴۲/۴ e	۵۸۸۲/۸ d	۳۲۰/۲ e	۰/۰۱۸ e	۰/۳۵ d
	۶/۴	۸۴۵/۷ d	۵۳۸۴/۷e	۳۷۵/۳ d	۰/۰۹۴ b	۰/۵۰۲ b

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشابه، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت غیرمعنی‌دار دارند.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در ژنوتیپ بر برخی صفات کمی و کیفی کنجد

تنش خشکی	ژنوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل کل (میکروگرم برگرم وزن تر)	پرولین (میلی‌مول بر گرم وزن تر)
آبیاری مطلوب	اولتان	۱۰۸۴/۷ b	۵۴۰/۱ b	۲۶/۲ b	۰/۹۹ e
	دشتستان ۲	۱۱۸۸/۰ a	۶۱۶/۸ a	۲۸/۷ a	۰/۹۴ e
آبیاری تا ۶۵BBCH	اولتان	۴۶۹/۸ f	۱۸۹/۱ f	۲۱/۱ c	۱/۶۶ a
	دشتستان ۲	۵۱۷/۶ e	۲۰۸/۸ e	۲۰/۹ c	۱/۴۱ c
آبیاری تا ۷۵BBCH	اولتان	۶۹۰/۶ d	۲۹۴/۴ d	۲۷/۵ ab	۱/۵۱ b
	دشتستان ۲	۷۷۷/۷ c	۳۳۸/۵ c	۲۶/۹ b	۱/۳۲ d

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشابه، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت غیرمعنی‌دار دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

کلروفیل کل

بیشترین محتوی کلروفیل کل در آبیاری مطلوب و آبیاری تا ۷۵BBCH به‌ترتیب با میانگین ۲۷/۴۶ و ۲۷/۲۳ میلی-گرم بر گرم وزن تر به دست آمد و کمترین میانگین در تنش شدید خشکی بود که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۲۱/۷ درصدی نشان داد. کاربرد ۴/۸ گرم بر لیتر کیتوزان باعث ایجاد بالاترین محتوی کلروفیل کل (۲۶/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در مقایسه با دو سطح دیگر شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر تنش خشکی در ژنوتیپ، بیشترین میانگین این صفت در ژنوتیپ دشتستان-۲ تحت شرایط آبیاری مطلوب به‌دست آمد و کمترین میانگین در تنش شدید خشکی در هر دو ژنوتیپ مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۱۹/۲۲ و ۲۷/۰۷ درصدی داشتند (جدول ۵). در مقایسه میانگین نانو کود در ژنوتیپ نیز، بیشترین میانگین این صفت در کاربرد و عدم کاربرد نانو کود در ژنوتیپ دشتستان-۲ و در شرایط کاربرد نانو کود در دشتستان-۲ مشاهده شد. تخریب مولکول کلروفیل یکی از صدمات اکسیداتیو مهم در شرایط تنش است. منیزیم در ساختمان رنگدانه‌های گیاهی (کلروفیل) شرکت دارد و انرژی نور را جمع‌آوری کرده و آن را به شکلی تغییر می‌دهد که بتواند در فتوسنتز مورد استفاده قرار گیرد. در این رابطه کاهش غلظت کلروفیل کل در گونه‌های مختلف گیاهی در شرایط کمبود منیزیم توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (Ceppi *et al*., 2012).

محتوی پرولین

در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در نانو کود، بیشترین محتوی پرولین در تیمار عدم کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط تنش شدید با میانگین ۱/۶ میکرومول بر گرم وزن تر بود و کمترین میانگین در تیمار عدم کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط آبیاری مطلوب به دست آمد (جدول ۳). آبیاری تا ۶۵BBCH در ژنوتیپ اولتان دارای بیشترین محتوی پرولین با میانگین ۱/۶۶ میکرو مول بر گرم وزن تر بود و کمترین میانگین این صفت در تیمار آبیاری مطلوب در هر دو ژنوتیپ دشتستان-۲ و اولتان مشاهده شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد تنش خشکی و کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب کاهش رشد، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تحت تأثیر قرار گرفتن تنفس، تخریب پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و تجمع پرولین می‌شود (Tayebi *et al*., 2012). افزایش مقدار پرولین به علت نقش این ماده در تنظیم و حفاظت اسمزی می‌باشد. رقم دشتستان-۲ از میزان پرولین بیشتری نسبت به رقم اولتان در شرایط تنش برخوردار بود که این تفاوت در میزان پرولین بین دو رقم نشان دهنده پاسخ‌های متفاوت نسبت به تنش خشکی است. نتایج مشابهی در خصوص اثر کمبود آب در کنجد (Dossa *et al*., 2017) نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش محتوای پرولین گردید. کیتوزان به‌عنوان تنظیم کننده کلیدی پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی می‌باشد (Naderi *et al*., 2014). کیتوزان با افزایش میزان پرولین در اندام‌های گیاهی باعث ایجاد مقاومت و کمتر شدن آسیب‌های ناشی از تنش‌ها می‌شود. به تازگی گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

شده است که محلول‌پاشی کیتوزان باعث کاهش اثرات منفی تنش خشکی و افزایش میزان پرولین در گیاه آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak. subsp. *daenensis*) گردید (EmamiBistgani *et al*., 2017).

فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز

کاربرد نانو کود منیزیم و همچنین ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان نیز باعث ایجاد بالاترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر تنش خشکی در کیتوزان، بیشترین فعالیت این آنزیم، در کاربرد ۶/۴ گرم بر لیتر کیتوزان تحت شرایط آبیاری تا ۶۵BBCH با میانگین ۰/۱۱ واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۸۵/۴۵ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در تیمار عدم کاربرد کیتوزان تحت شرایط آبیاری مطلوب و کاربرد ۴/۸ گرم بر لیتر کیتوزان تحت شرایط تنش متوسط و شدید خشکی مشاهده شد (جدول ۴). در مقایسه میانگین نانو کود منیزیم در ژنوتیپ، عدم کاربرد نانو کود منیزیم در ژنوتیپ اولتان با میانگین ۰/۴۳ واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین در دقیقه منجر به ایجاد بالاترین فعالیت این آنزیم شد. تنش خشکی باعث کاهش جذب عناصر ضروری و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد، در نتیجه باعث تخریب اکسیداتیو DNA، پروتئین و لیپیدها شده و منجر به کاهش رشد می‌شود (Yazdanpanah *et al*., 2011). همچنین تنش آبی باعث تغییرات فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی زیادی می‌شود که بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد (Farouk and Amany, 2012). در اثر کمبود عنصر منیزیم غلظت H_2O_2 بیشتر از تیمار با میزان متوسط و زیاد منیزیم در گیاه جو بود و در واقع افزایش GR و APX در غلظت‌های بالاتر منیزیم باعث حذف H_2O_2 گردید (Trankner *et al*., 2016). میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز گیاهچه برنج در شرایط کمبود منیزیم از تیمار شاهد بیشتر بود (Chou *et al*., 2010).

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

تنش شدید خشکی منجر به ایجاد بالاترین فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز شد و آبیاری مطلوب کمترین فعالیت این آنزیم را داشت (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر تنش خشکی در کیتوزان بیشترین میانگین این آنزیم در کاربرد کیتوزان با غلظت ۶/۴ گرم بر لیتر تحت شرایط تنش شدید خشکی مشاهده شد و کمترین میانگین در عدم کاربرد کیتوزان تحت شرایط تنش شدید خشکی به دست آمد (جدول ۴). گیاهان برای کاستن از آسیب‌های ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال دارای سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی هستند که شامل اجزای غیر آنزیمی مانند آسکوربات، گلوتاتیون، توکوفرول‌ها، کارتنوئیدها و فلاونوئیدها و آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز می‌باشند (Agarwal and Pandey, 2004). سلول‌های گیاهی دارای یکسری سازوکارهای دفاعی هستند که قادرند از تولید انواع ROS ممانعت کرده و یا با احیای کامل از اثرات مضر آن‌ها پیشگیری نمایند. از

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

مهم‌ترین این سازوکارها می‌توان به چرخه آسکوربات-گلوتاتیون، چرخه مهلر، چرخه گزانتوفیل، مسیر تنفس نوری و سازوکارهای ترمیمی اشاره نمود. گلوتاتیون می‌تواند بسیاری از اجزای سلولی از جمله گروه‌های لیتول پروتئین‌ها را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت نماید. GR نقش مهمی در فرآیند سم‌زدایی دارد. پژوهشگران تصور دارند که این آنزیم در ثبات بخشیدن لیپیدها در غشاهای سلول و قطع زنجیره پراکسید لیپیدها نقش دارد (Vidya Vardhini *et al*., 2011). در این آزمایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در شرایط قطع آبیاری در برگ‌های کنجد افزایش یافت، این افزایش فعالیت به دلیل احیای مجدد گلوتاتیون اکسید شده، بسیار حائز اهمیت است. در همین رابطه به گفته پژوهشگران تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در گیاهان گوجه‌فرنگی (Murshed *et al*., 2013) و سویا (موقوفه و همکاران، ۱۳۹۷) گردید. آنزیم پلی فنل اکسیداز، ترکیب آنزیم مونوفنول اکسیداز و آنزیم کاتکول اکسیداز است که تقریباً در همه بافت‌های گیاه وجود دارد. اهمیت PPO به دلیل وجود همبستگی در تنظیم میزان فعالیت پلی فنل اکسیداز و سنتز فنیل پروپانوئید می‌باشد (Taranto *et al*., 2017). با توجه به این که آنزیم PPO برای مقابله با اکسیژن‌های رادیکال آزاد تولیدی در شرایط تنش در گیاهان تولید می‌شود می‌توان نتیجه گرفت که گیاه کنجد با تولید بیشتری از این آنزیم توانسته است باعث حذف تعداد زیادی از ROSهای تولیدی شود. در آزمایشی در سورگوم با شدت یافتن تنش خشکی میزان فعالیت PPO در ارقام مقاوم نسبت به حساس افزایش یافت (Vidya Vardhini *et al*., 2011). در این مطالعه، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در کنجد با مصرف کیتوزان افزایش یافت، به نظر می‌رسد مکانیسم خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد توسط کیتوزان به ساختار خاص آن مربوط باشد که از تعداد زیادی گروه آمین و هیدروکسیل قابل دسترس تشکیل شده که با رادیکال‌های آزاد واکنش نشان می‌دهد. در این رابطه محلول‌پاشی کیتوزان بر روی گیاه کلزا باعث افزایش فعالیت PPO گردید (Yin *et al*., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی انتهایی از طریق قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی، اثر معنی‌داری بر صفات عملکرد و اجزای عملکردی و فیزیولوژیکی داشت. تنش خشکی شدید منجر به کاهش بسیار زیاد صفات عملکرد و اجزای عملکرد گردید ولی تنش متوسط اثر منفی زیادی نداشت. کاربرد نانو کود منیزیم به میزان دو گرم بر لیتر منجر به افزایش میانگین صفات عملکردی و اجزای عملکرد و بهبود صفات کیفی شد. به‌طور کلی استفاده از این ریز مغذی به‌صورت نانو کود اثر مثبت بر میزان تولید هر دو رقم مورد آزمایش داشت. نتایج نشان داد که استفاده از الیسیتور کیتوزان، در مقایسه با عدم کاربرد آن مؤثرتر بود و غلظت ۶/۴ در مقایسه با غلظت ۴/۸ گرم بر لیتر در اکثر صفات نتایج مطلوبی داشت و باعث افزایش میانگین صفات رشدی، عملکردی و همچنین بهبود اکثر صفات کیفی شد. در مقایسه مابین دو ژنوتیپ مورد

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش، ژنوتیپ دشتستان-۲ از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکردی و میزان روغن در مقایسه با رقم اولتان از میانگین بالاتری برخوردار بود.

منابع

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

عباسی، ن.، چراغی، ج. و حاجی‌نیا، س. ۱۳۹۸. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن و روی به صورت نانو و شیمیایی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه دو رقم گندم نان. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۴۳(۱۱): ۱۰۴-۸۵.

محسن‌نیا، ا. و جلیلیان، ج. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۴(۳): ۲۳۵-۲۴۵.

مقنی‌باشی نجف‌آبادی، م.، خزاعی، ح.ر.، نظامی، ا. و عشقی‌زاده، ح.ر. ۱۳۹۸. اثر سطوح مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کنجد. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۴۱(۱۱):۹۳-۸۱.

موقوفه، ب.، سعیدی، م. و منصوری‌فر، س. ۱۳۹۷. واکنش فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارقام مختلف سویا به تنش کم‌آبی در مراحل رشد رویشی و زایشی. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۳۷(۱۰):۸۱-۶۵.

یداللهی ده‌چشمه، پ.، باقری، ع.ا.، امیری، ا. و اسمعیل‌زاده بهابادی، ص. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی و محلول-پاشی کیتوزان بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در آفتابگردان. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۲۱(۶):۸۳-۷۳.

Agarwal, S. and Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biologia Plantarum. 48: 555-560.

Alavie Asl, S.A., Mansourifar, S., Modaressanavi, S.A.M., Asilan, K., Tabatabaei, S.A. and Moradi Ghahridjani, M. 2016. Effect of chitosan and zeolite on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under different irrigation conditions in Yazd. Environmental Stresses in Crop Science. 9(2):163-172.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis: Association of Official Analytical Chemists. Inc, USA.

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24(1): 1-15.

Attibayeba, N.M., Elie, N.J., Serina, J.G.C., Dianga, C. and Francois, M.Y. 2010. Description of different growth stages of (*Sesamum indicum* L.) using the extended BBCH scale. Pakistan Journal of Nutrition. 9(3): 235-239.

Azizi, K.H., Yaghobi, M., Hidary, S., Chaeichi, M.R. and Roham, R. 2011. Effects of different methods of magnesium sulphate application on qualitative and quantitative yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars under Khorramabad climatic conditions of Iran. Research on Crops. 12(1): 103-111.

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

Bellaloui, N., Ebelhar, M.W., Gillen, A.M., Fisher, D.K., Abbas, H.K., Mengistu, A., Reddy, K.N. and Paris, R.L. 2011. Soybean seed Protein, and fatty acids are altered by S and S+N fertilizers under irrigated and non-irrigated environments. Agricultural Science. 2(4): 465-476.

Boonlertnirun, S., Suvannasara, R. and Boonlertnirun, K. 2017. Effects of chitosan application before being subjected to drought on physiological changes and yield potential of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Applied Sciences Research. 9(12):6140-6145.

Ceppi, M.G., Oukarroum, A., Cicek, N., Strasser, R.J. and Schansker, G. 2012. The IP amplitude of the fluorescence rise OJIP is sensitive to changes in the photosystem I content of leaves: a study on plants exposed to magnesium and sulfate deficiencies, drought stress and salt stress. Physiologia Plantarum. 144(3): 277-288.

Chou, T.S., Chao, Y.Y., Hung, W.D., Hong, Y.C. and Kao, C.H. 2010. Effect of magnesium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings. Plant Physiology. 12: 117-121.

Dossa, K., Yehouessi, L.W., Ngue, B.C.L.L., Diof, D., Liao, B., Zhang, X., Cisse, N. and Bell, J.M. 2017. Comprehensive screening of some west and central African sesame genotypes for drought resistance probing by agronorphological, physiological, biochemical and seed quality traits. Agronomy. 7(4): 83-89.

Doupis, G., Bertaki, M., Psarras, G., Kasapakis, I. and Chartzoulakis, K. 2013. Water relations, physiological behavior and antioxidant defence mechanism of olive plants subjected to different irrigation regimes. Scientia Horticulturae. 153: 150-156.

Emami Bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Ghasemi Pirbalouti, A. and Hashemi, M. 2017. Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenesis* Gelak. The Crop Journal.Cj-00231.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

Farouk, S. and Amany, A.R. 2012. Improving growth and yield of cowpea by foliar application of biology. Egyptian Journal of Biology. 14(1): 14-26.

Gonzalez, E.M., De Ancos, B. and Cano, M.P. 1999. Partial characterization of polyphenol oxidase activity in raspberry fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47: 4068-4072.

Hasanvandi, M.S., Ayneband, A., Rafiee, M., Mojadam, M. and Rasekh, A. 2014. Effects of Supplemental Irrigation and Super absorbent polymer on yield and seed quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Dry-farming conditions. Bulletin of Environment, Pharmacology, and Life Sciences. 3(12): 174-185.

Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L.E., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y. and Hong-Ving, Z. 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.

Javan M, Tajbakhsh M, Abdollah Mandoulakani B. 2013. Effect of antitranspirants application on yield and yield components in soybean (*Glycine max* L.) under limited irrigation. Journal of Applied Biological Sciences. 7(1): 70-74.

Jiriaie, M., Sajedi, N.A., Madavi, H. and Sheikhi, M. 2009. Effect of PGPR and water deficit on agronomical traits of wheat (cv. Shahriar). New Findings in Agriculture. 3(412): 333-343.

Jouyban, Z., Moosavi, S.G., Seghatoleslami, M.J., Ramezani, S.H. and Ansarinia, E. 2016. Yield and qualitative traits of sesame as affected by irrigation interval, n fertilizer and superabsorbent. Journal of Medicinal Plants and By-Products. 1: 51-57.

Koutroubas, S.D., Papakesta, D.K. and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of preathesis assimilates to safflower yield. Field Crop Research. 90: 263-274.

Lascano, H.R., Antonicelli, G.E., Luna, C.M., Melchiorre, M.N., Gomez. L.D., Racca, R.W., Trippi, V.S. and Casano, L.M. 2005. Antioxidant system response of different wheat cultivars under drought: field and in vitro studies. Journal of Plant Biology. 28(11): 1095-1102.

Mahdavi, A., Sinaki, J.M., Amini Dehaghi, M., Rezvan, S. and Damacandi, A. 2018. Effect of nano, chemical, and biological fertilizers on the yield and quality of sesame seeds under different irrigation regimes. Journal of Crops Improvement. 20(1): 263-281.

Malik, A.A., Li, W.G., Lou, L.N., Weng, J.H. and Chen, L.F. 2010. Biochemical physiological characterization and evaluation of in vitro salt tolerance in cucumber. African Journal of Biotechnology. 9(2): 3284-3292.

Mandal, S. 2010. Induction of phenolics, Lignin and key defense enzymes in eggplant (*Solanum melongena* L.) roots in response to elicitors. African Journal of Biotechnology. 9(47): 8038-8047.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

Mathobo, R., and Steyn, J.M. 2017. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultural water Management. 18(3): 118-125.

Morales-Diaz, A.B., Ortega-Ortiz, H., Juarez-Morales, S., Cadenas-Pliego, G., Gonzalez-Morales, S. and Benavides-Mendoza, A. 2017. Application of Nanoelements in plant nutrition and its impact in ecosystems. Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology. 8:1-3.

Murshed, R., Lopez-Lauri, F. and Sallanon, H. 2013. Effect of water stress on antioxidant systems and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L. CV. Micro-tom). Physiology and Molecular Biology of Plants. 19(3): 363-378.

Naderi, S., Fakheri, B.A. and Seraji, M. 2014. The effect of chitosan on some physiological and biochemical characteristics of Ajowan (*Carum copticum* L.). Crop Sciences Research in the Dry Areas. 1:187-201.

Pouresmaiel, H.A., Saberi, M.H. and Fanaei, H.R. 2013. Evaluation of terminal drought stress tolerance of (*Sesamum indicum* L.) genotypes under the Sistan region conditions. International Journal of Science and Engineering Investigations. 2(16): 58-61.

Roul, B., Mishra, B.K. and Prusty, N. 2017. Natural effect of micronutrient on growth and growth parameter of sesame oilseed crop. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 6(5): 1926-1928.

Schaedle, M. and Bassham, J.A. 1977. Chloroplast glutathione reductase. Plant Physiology. 59(5): 1011-1012.

Sharma, P. and Dubey, R.S. 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant growth Regulation. 46: 209-221.

Sheikha, S.A.A.K. and Al-Malki, F.M.A. 2011. Growth and chlorophyll response of Bean plants to the chitosan application. European Journal of Scientific Research. 50(1): 124-134.

Singh, A., Singh, N.B., Hussain, I., Singh, H. and Singh, S.C. 2015. Plant- nanoparticle interaction: An approach to improve agricultural practices and plant productivity. Pharmaceutical Science Invention. 4(8): 25-40.

Taranto, F., Pasqualono, A., Mangini, G., Tripodi, P., Miazzi, M.M., Pavan, S. and Montemurro, C. 2017. Polyphenol oxidases in crops: Biochemical, physiological and genetic aspects. International Journal of Molecular Sciences. 18(2): 377.

Tayebi, A., Afshari, H., Farahvash, F., Sinaki, J.M. and Nezarat, S. 2012. Effect of drought stress and different planting dates on safflower yield its components in Tabriz region. Journal of Plant Physiology. 2(3): 445-453.

www.SID.ir

Archive of SID

Trankner, M., Jakli, B., Tavakol, E., Geilfus, C.M., Cakmak, I., Dittert, K. and Senbayram, M. 2016. Magnesium deficiency decrease biomass water-use efficiency and increase leaf water-use efficiency and oxidative stress in barley plants. Journal of Plant and Soil. 406(1-2): 409-423.

Vidya Vardhini, B., Sujatha, S. and Seta Ram Rao, S. 2011. Brassinosteroids: Alleviation of water stress in certain enzymes of sorghum seedlings. Journal of Phytology. 3(10): 38-43.

Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A. and Abbassi, F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. African Journal of Agricultural Research. 6(4): 798-807.

Yin, H., Bai, X. and Du, Y.G. 2008. The primary study of oligochitosan inducing resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* on *Brassica napus*. Journal of Biotechnology. 136: 600-601.

Zarei, A., Masoud Sinaki, J., Amini Dehaghi, M. and Damavandi, A. 2018. Changes in physiological traits and fatty acid composition in Sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under various foliar application and drought stress condition. Applied Ecology and Environment Research. 16(5): 6927-6944.

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 12:35 +0430 on Tuesday May 11th 2021

www.SID.ir