Archive of SID

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.3, Fall 2018, P. 371-382
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۳۸۲-۳۷۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

اثر فواصل آبیاری و ترکیبات طبیعی ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب آبیاری سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

زینب صفایی[۱]- مجید عزیزی[۲*]- حسین آرویی[۳]- غلامحسین داوری نژاد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب آبیاری سیاهدانه، تحقیقی در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت‌های فرعی محلول‌پاشی ترکیبات کیتوزان (۱، ۰/۵ ، ۰/۲۵ و صفر درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱، ۰/۵ و صفر درصد) و صمغ عربی (۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵و صفر درصد) با سه تکرار قرار گرفتند. ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، دمای سطح برگ، میزان هدایت روزنه‌ای و شاخص بهره‌وری آب آبیاری اندازه‌گیری شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که بین تیمارها از نظر تمامی صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بهترین میزان صفات مورد اندازه‌گیری در دور آبیاری ۸ روز و تیمار کیتوزان مشاهده شد. محلول پاشی کیتوزان با ایجاد شرایط مناسب نظیر کاهش دمای برگ، میزان هدایت روزنه‌ای و افزایش شاخص بهره وری آب ابیاری موجب بهبود صفات مورفولوژیکی نسبت به شرایط تنش در فواصل آبیاری ۱۶ روز شد. محلول‌پاشی با تیمار صمغ عربی نه تنها موجب بهبود صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب ابیاری نشد، بلکه به عنوان یک عامل بازدارنده تعیین شد. کلیه ترکیبات طبیعی ضد تعرق میزان هدایت روزنه‌ای و دمای سطح برگ را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش دادند. به نظر می‌رسد استفاده از ترکیب طبیعی کیتوزان می‌تواند در شرایط تنش رطوبتی به عنوان یک ماده ضد تعرق در شرایط آب و هوایی مشهد مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات ضد تعرق، تنش خشکی، دمای گیاه، گیاه دارویی، میزان هدایت روزنه‌ای

مقدمه

امروزه با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی، مصرف و اهمیت گیاهان دارویی از گسترش روزافزونی برخوردار شده است. سیاهدانه گیاهی است دولپه، علفی و یکساله با نام علمی (*Nigella sativa* L.) متعلق به خانواده آلاله (Ranunculaceae) می‌باشد. دانه‌های رسیده آن از لحاظ غذایی و دارویی حائز اهمیت است (۲۹ و ۸). آب ماده‌ای حیاتی برای رشد و نمو گیاه می باشد. تنش ناشی از کمبود آب چه به شکل مستمر و چه به صورت موقت، رشد و توزیع پوشش گیاه طبیعی را محدود می‌کند و بیش از هر عامل محیطی دیگری برروی گیاهان کشت شده تأثیر دارد. گیاهان با روش های گوناگونی در برابر تنش آبی مقاومت می‌کنند. در تنش آبی فعالیت‌های فیزیولوژی گیاه، مستقیماً یا به طور غیرمستقیم دچار اختلال می‌گردد. از آنجائی‌که وجود فشار تورمی بالای سلولی برای انجام فعالیت‌های مهم فیزیولوژی از جمله رشد سلول‌ها و حرکات روزنه‌ها ضروری است. از بین تنش‌های غیرزنده، تنش آبی از لحاظ وقوع، شدت، طول دوره و زمان آن در رابطه با فنولوژی گیاه بسیار غیرقابل پیش‌بینی است (۷ و ۱۸). ایران با متوسط ۲۴۰ میلی‌متر نزولات آسمانی در گروه مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد. بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل، باعث توجه بیشتری به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی شده است. با کاهش میزان تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق می‌توان علاوه بر کاهش مصرف آب، ضمن حفظ منابع آب موجود و استفاده بهینه از آنها، از افزایش شوری خاک در بخش‌های وسیعی از کشور نیز تا حدی جلوگیری کرد. در این بین کاربرد مواد ضد تعرق یک ابزار نوید بخش برای تنظیم تعرق در حفظ آب گیاه در حد مطلوب است که استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد ضد تعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارد (۱، ۳۶ و ۳۷). ماده ضد تعرق از طریق ساز و کارهایی از قبیل

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد، دانشیار و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: azizi@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.47467

www.SID.ir

Archive of SID

بستن روزنه‌ها، انعکاس بیشتر نور خورشید و کاهش رشد اندام‌های هوایی، در افزایش مقاومت گیاه به شرایط کمبود آب مؤثر می‌باشند (۲۴). کیتوزان یک پلی ساکارید با وزن مولکولی بالاست که به عنوان یکی از اجزای اصلی ساختاری پوشش خارجی سخت پوستان و حشرات می‌باشد و همچنین به صورت تجاری از پوست خرچنگ دریایی و میگو بدست می‌آید. کیتوزان در بسیاری از فرآیندهای زیستی در گیاه، از جمله سنتز مهارکننده‌های پروتئاز و افزایش چوبی شدن دخیل می‌باشد کیتوزان با تحریک بیوسنتز اسید آبسزیک بر میزان گشودگی روزنه‌ها و میزان هدر رفتن آب در گیاه نقش دارد. این ترکیب در بیان برخی از ژن‌های مقاومت در گیاه و همچنین در تولید برخی از متابولیت‌های ثانویه نقش دارد (۹ و ۴). صمغ‌ها و موسیلاژها به موادی اطلاق می‌شوند که قدرت تشکیل ژل را دارند، این مواد از تراوشات درختان و بوته‌ها، عصاره‌های گیاهی، پودر دانه‌ها، بذرها، مواد چسپناک حاصل از فرآیندهای تخمیری و از بسیاری از فرآیندهای طبیعی دیگر به دست آمده‌اند. موسیلاژها ترکیباتی کربوهیدراتی، با ساختار شیمیایی پیچیده، دارای مولکول‌های بزرگ با وزن مولکولی زیاد که در آب حل شده و پس از جذب آب متورم و محلول‌های چسبناکی تشکیل می‌دهند (۸). ایریتی و همکاران (۲۰) اثر کاربرد ماده ضد تعرق کیتوزان را بر رابطه فتوسنتز و آب در گیاه فلفل شیرین مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که در اثر مصرف این ماده ضد تعرق، سرعت فتوسنتز افزایش یافت. همچنین ماده ضد تعرق باعث بهبود راندمان آب مصرفی و مقاومت گیاه فلفل به خشکی شد. کاروپیا و همکاران (۲۵) طی تحقیقی اثر مواد ضد تعرق مختلف کائولین، فنیل مرکوریک استات، سالیسیلیک اسید و پارافین مایع را روی بادمجان بررسی کردند و گزارش کردند که مواد ضد تعرق به طور قابل‌توجهی، زیست‌توده گیاه، تعداد شاخه‌ها، ارتفاع گیاه، سطح برگ و تعداد گل‌ها را افزایش دادند. دل آمارو و همکاران (۹) اثر ترکیب ضد تعرق کیتوزان بر گیاه لوبیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد کیتوزان با تحریک سنتز اسید آبسیزیک در گیاه تیمار شده موجب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق ومقدار آب در گیاه تیمار شده می‌شود. هدف از انجام تحقیق حاضر، امکان بهبود صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره وری آب ابیاری گیاه دارویی سیاهدانه توسط ترکیبات ضد تعرق تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بر روی گیاه دارویی سیاهدانه به اجرا درآمد. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری و آنالیز انجام شد (جدول ۱). این تحقیق با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد به طوری‌که در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت‌های فرعی محلول‌پاشی ترکیبات ضد تعرق کیتوزان (۱، ۰/۵، ۰/۲۵و صفر درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱ ، ۰/۵ و صفر درصد) و صمغ عربی (۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر درصد) با سه تکرار قرار داده شدند. تیمار شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شد. بذور سیاهدانه، اسفرزه و صمغ عربی از عطاری معتبر در مشهد تهیه شد. ترکیب ضد تعرق کیتوزان از شرکت سیگما آلدریچ تهیه شد و مقدار گرم ماده مورد نیاز را برای هر بار محلول‌پاشی نمودن در محلول ۱ درصد اسید استیک حل نموده و به درصد مورد نیاز رسانیده شد. به منظور تهیه موسیلاژ از بذر گیاه مورد نظر، ۲۰۰ گرم بذر گیاه اسفرزه را با ۱۰ برابر آب مقطر به حجم رسانده و آن را بر روی دستگاه لرزاننده قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت موسیلاژ به طور کامل در جدار خارجی بذور رسوب نموده و با مالش شدید بذرها و گذراندن آنها از پارچه ململ موسیلاژ از بذر جدا شد. به منظور تعیین درصد ماده خشک موسیلاژ، ۳ نمونه از موسیلاژ به حجم ۱ میلی‌لیتر را جدا نموده و در شیشه ساعت توزین شده قرار داده شد. سپس به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها آنها را وزن نموده و درصد ماده خشک موسیلاژ استخراج شده تعیین شد. به منظور تهیه غلظت‌های صمغ عربی ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم صمغ را در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده و به مدت ۲۴ ساعت بر روی دستگاه لرزاننده قرار گرفت و سپس به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. طول هر کرت فرعی ۱/۵ متر و عرض آن ۱ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین در یک بلوک فاصله کرت‌های اصلی ۱ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور روی هم اثری نداشته باشد. تاریخ کاشت ۲۸ فروردین ماه بود و کاشت به صورت دستی در شیارهایی با عمق ۰/۵ سانتی‌متر انجام گرفت. تراکم اولیه بوته‌ها در زمان کاشت ۲۵۰ بوته در کرت بود که با عملیات تنک کردن در مرحله چهار و شش برگی به۵۰ بوته رسانیده شد. جهت یکنواختی در سبز شدن بذور، پس از کاشت آبیاری متوالی صورت گرفت و اعمال تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه در مرحله شش برگی آغاز شد و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت. آبیاری در کرت‌ها با یک حجم مشخص آب انجام شد. ابتدا یک کرت را به صورت آزمایشی با یک مقدار مشخص آب، آبیاری نموده بطوری‌که پشته‌های کرت کاملاً خیس شد. سپس حجم آب مصرفی کرت را تعیین نموده (۴۰۰ متر مکعب در هکتار که این حجم آب مصرفی در حد میانگین نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد) و آبیاری در فواصل ذکر شده (۸ روز و ۱۶ روز) بر اساس آن انجام شد. ترکیبات ضد تعرق همزمان با اعمال تنش خشکی تا مرحله گلدهی، هفته‌ای یکبار در هنگام غروب آفتاب محلول‌پاشی شدند. که در

www.SID.ir

Archive of SID

مجموع تعداد دفعات محلول‌پاشی چهار مرتبه بود. به منظور انجام آنالیزهای رشد، نمونه‌برداری گیاهان از دو ردیف وسط هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای و بصورت تصادفی از هر کرت آزمایشی ۷ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و سطح برگ اندازه‌گیری شد. تعداد ردیف‌های کاشت در هر کرت شش ردیف بود. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل (LI- 3000A, USA) استفاده شد. میزان هدایت روزنه‌ای (g_s) با محاسبه میلی‌مول بخار آب خارج شده از برگ در واحد سطح برگ و زمان بوسیله سنجنده هدایت روزنه‌ای مدل Sc-L[1] انجام گرفت. اندازه‌گیری دمای سطح برگ بوسیله دماسنج مادون قرمز[2] مدل TN568 انجام گرفت. برای اندازه‌گیری این صفت، بعد از محلول‌پاشی با ترکیبات ضد تعرق، هفته اول تیرماه دو بار در ساعات ۱۱-۱۰ صبح و دیگری ساعات ۱۵-۱۳:۳۰ بعد از ظهر اقدام به اندازه‌گیری دمای گیاه گردید. تعداد اندازه‌گیری از هر کرت ۱۰ مرتبه بود که با میانگین‌گیری دمای پوشش گیاهی هر کرت محاسبه شد. برای اندازه‌گیری دمای هوا، یک دماسنج معمولی در مزرعه کار گذاشته شد. سپس اختلاف دمای گیاه با دمای محیط برای هر کرت با استفاده از معادله زیر بدست آمد:

دمای محیط- دمای برگ =اختلاف دمای پوشش گیاهی با محیط

شاخص بهره‌وری آب آبیاری برای تولید دانه از تقسیم عملکرد دانه بر میزان آب مصرفی در واحد سطح بدست آمد.

عملیات برداشت هنگامی که رنگ بوته‌ها متمایل به زرد شده ولی هنوز کپسول‌ها شکاف بر نداشته بودند در تاریخ‌های ۲۵ تیرماه (فواصل آبیاری ۱۶ روز) و ۵ مرداد ماه (فواصل آبیاری ۸ روز) انجام شد. پس از حذف حاشیه‌ها سطح باقیمانده برای تعیین عملکرد دانه تعیین گردید. برای تجزیه واریانس داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS و Minitab- 16 و Excel استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین‌ها در سطح احتمال یک درصد و براساس آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱)، در صورتی‌که اثر متقابل این دو معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین میانگین ارتفاع بوته‌ها (۳۲/۸۷ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع (۳۰/۶۴ سانتی‌متر) به ترتیب در فواصل آبیاری ۸ روز و ۱۶ روز مشاهده گردید، همچنین بین سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین و کمترین ارتفاع با میانگین (۳۴/۱۴ و ۳۰/۶۴ سانتی‌متر) به ترتیب در تیمار کیتوزان ۱ درصد و تیمار ۰/۲۵ درصد صمغ عربی مشاهده گردید (جدول ۳). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر تعداد شاخه‌های گل‌دهنده معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱)، در حالی‌که اثر متقابل این دو معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه گل‌دهنده (۵/۹۵ عدد) و کمترین (۵/۰۹ عدد) به ترتیب در تیمارهای فواصل آبیاری ۸ روز و ۱۶ روز مشاهده گردید (جدول ۳). در بین ترکیبات ضد تعرق تیمار کیتوزان ۱ درصد دارای بیشترین تعداد ساقه گل‌دهنده (۶/۴۷ عدد) و صمغ عربی ۰/۲۵ درصد دارای کمترین تعداد ساقه گل‌دهنده (۴/۹۳ عدد) بودند. بین سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد ترکیب کیتوزان نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین سطوح مختلف موسیلاژ و صمغ نسبت به هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر تعداد شاخه گل‌دهنده معنی‌دار نشد ($p\leq$۰/۰۱)، (جدول ۲). نتایج حاصل با نتایج بحرینی نژاد و همکاران (۵)، صفی خانی و همکاران (۳۴) و ال مکاوی (۱۰) از لحاظ کاهش رشد مطابقت دارد. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه اختلال در رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ می‌باشد. با کاهش رشد سلول اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی گیاهان را می‌توان اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (۳۴). کاظم پور و تاج بخش (۲۴) گزارش کردند که رشد گیاه نه تنها بستگی به تجمع مواد خام از طریق فتوسنتز و جذب عناصر دارد، بلکه به حفظ پتانسیل زیاد آب گیاه جهت طویل شدن سلول‌ها بستگی دارد و مواد ضد تعرق از طریق بستن روزنه‌ها و افزایش مقاومت به انتشار بخار آب از برگ‌ها موجب افزایش پتانسیل آب در سلول‌های برگ و نهایتاً رشد اندام‌ها می‌شوند. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱)، در صورتی‌که اثر متقابل این دو معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری شاخص سطح برگ کاهش یافت، بطوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ (۰/۲۲) و کمترین (۰/۱۸) به ترتیب در فواصل آبیاری ۸ روز و ۱۶ روز مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین بیشترین شاخص سطح برگ (۰/۲۳) و کمترین (۰/۱۸) به ترتیب در تیمار کیتوزان ۱ درصد و صمغ عربی ۰/۲۵ درصد مشاهده گردید. همچنین بین سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق نسبت به هم اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج نبی پور و همکاران (۳۲)، خالد و همکاران (۲۸) از لحاظ کاهش رشد مطابقت

1- Sc-L Leaf Porometer for Stomatal Conductance Measurements
2- TN568 Infrared thermometer

www.SID.ir

Archive of SID

دارد. در شرایط تنش خشکی گیاه با کاهش تعداد و کوچکتر کردن برگ، سطح فتوسنتز کننده خود را کاهش می‌دهد و متعاقب کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد و این رویداد باعث کاهش سطح برگ می‌شود (۲۷ و ۳). کاهش رشد سلول‌ها در اثر کم آبی در درجه اول باعث کاهش رشد برگ‌ها می‌شود که با کاهش سطح برگ گیاه آب کمتری از دست می‌دهد. بنابراین محدود شدن سطح برگ را می‌توان به عنوان یکی از ساز و کارهای دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت (۳۴ و ۳). کلپر و ریک من (۲۳) گزارش کردند که کاهش سرعت تثبیت کربن کانوپی در طی دوره خشکی علت کاهش سطح برگ فتوسنتز کننده است. همچنین تنش خشکی منجر بافزایش تولید رادیکال‌های آزاد در برگ‌ها شده و رادیکال‌های آزاد موجب القای تنش اکسیداتیو و آسیب به برگ می‌شوند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of soil

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	نیتروژن کل Total N (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته خاک pH
لوم رسی Clay loam	334	19.7	0.3	1.21	7.8

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورد بررسی سیاهدانه (*Nigella sativa*)

Table 2- Analysis of variance for some traits of *Nigella sativa* L. affected by different irrigation intervals and anti-transpiration compounds

		میانگین مربعات Mean squares							
منابع تغییر V.O.S	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ LAI	تعداد شاخه فرعی Number of branches	عملکرد دانه Seed yeild	شاخص بهره وری آب آبیاری برای تولید دانه Irrigation water efficiency index for seed production	دمای برگ صبح Leaf temperature (Morning)	دمای برگ عصر Leaf temperature (Evening)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance
تکرار Replication	2	0.88 ns	0.003**	0.81 ns	2178.6 ns	1.36 ns	9.32**	2.6 ns	1.31**
دور آبیاری Irrigation interval	1	70.63**	0.024**	33.75**	280030**	0.17**	24.06**	35.26**	0.8**
خطای اصلی Error a	2	0.097	0.0001	0.95	991.01	0.00045	6.01	0.06	1.34
ترکیبات ضد تعرق Anti-transpiration compounds	9	16.9**	0.002**	7.64**	28594.7**	0.05**	22.29**	58.17**	284.66**
دور آبیاری× ترکیبات ضد تعرق Irrigation interval ×Anti-transpiration	9	1.84 ns	0.0007 ns	1.08 ns	4365.12**	0.0002 ns	1.14 ns	5.67**	10.71**
خطای فرعی Error b	36	0.65	0.0003	0.3	796.2	0.0002	0.74	0.87	0.053

**: وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ns : عدم وجود اختلاف معنی دار

**: significant at the 1% of probability level and ns : not significant

www.SID.ir

Archive of SID

میزان هدایت روزنه‌ای

اثر سطوح آبیاری بر میزان هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱)، (جدول ۲). با اعمال تنش شدید هدایت روزنه‌ای نسبت به تنش ملایم افزایش یافت. بیشترین هدایت روزنه‌ای در تیمار فواصل آبیاری ۱۶ روز (۳۳/۱۷ میلی‌مول CO_2/متر مربع در ثانیه) و کمترین میزان آن در تیمار فواصل آبیاری ۸ روز (۳۱/۵۶ میلی‌مول CO_2/متر مربع در ثانیه) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج دل آمارو و همکاران (۹) و فلکساس و همکاران (۱۱) مطابقت دارد. کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار تنش شدید به سبب بروز مکانیزم‌های مقاومتی گیاه نسبت به نگه داشتن روزنه‌ها در شرایط خشکی می‌باشد. باز شدن روزنه‌ها نتیجه افزایش پتانسیل فشاری سلول‌های محافظ روزنه نسبت به سلول‌های اطراف آن می‌باشد. این آماس عکس العمل‌های گیاه نسبت به محرک‌های محیطی است که بعضی مواقع این محرک، ورود یون پتاسیم می‌باشد که بر تنظیم فشار اسمزی اثر می‌گذارد. نور، پائین بودن غلظت دی اکسید کربن و آبسزیک اسید و آب کافی از جمله عواملی هستند که ورود یون پتاسیم را به داخل سلول‌های روزنه تحریک می‌نمایند. بنابراین تنش آب می‌تواند اندازه شکاف روزنه‌ها را کاهش داده و ممکن است این عمل را از طریق آبسزیک اسید انجام دهد (۱۲، ۳۰ و ۳۳). اثر تیمار ترکیبات ضد تعرق بر میزان هدایت روزنه‌ای معنی داربود ($p\leq$۰/۰۱). کمترین و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در تیمار کیتوزان در سطح ۱ درصد (۲۷/۵۸ میلی‌مول CO_2/متر مربع در ثانیه) و تیمار صمغ عربی در سطح ۰/۲۵ درصد (۳۶/۲۳ میلی‌مول CO_2/متر مربع در ثانیه) بدست آمد (جدول ۳). تیمار کیتوزان نسبت به سایر ترکیبات ضد تعرق میزان هدایت روزنه‌ای را بصورت معنی‌داری کاهش داد. با انجام مقایسات بین سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضد تعرق مشخص شد که اثر متقابل بسیار معنی‌داری وجود دارد ($p\leq$۰/۰۱). بطوری‌که بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۴۳/۲۴ میلی‌مول CO_2/متر مربع در ثانیه) مربوط به تیمار شاهد در فواصل آبیاری ۱۶ روز و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای (۲۶/۳۷ میلی‌مول CO_2/متر مربع در ثانیه) مربوط به تیمار کیتوزان در سطح ۰/۵ درصد و در فواصل آبیاری ۸ روز مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد ترکیبات ضد تعرق کاملا" وابسته به وضعیت آبی گیاه می‌باشد. میزان هدایت روزنه‌ای در فواصل آبیاری مختلف متغیر بود و کاملاً وابسته به نوع غلظت ترکیب ضد تعرق مورد استفاده بود. ترکیب صمغ عربی و موسیلاژ نسبت به کیتوزان میزان هدایت روزنه‌ای بیشتری داشتند.

اختلاف دمای پوشش گیاهی با محیط

با اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی در دو بازه زمانی (۱۱-۱۰ صبح و ۱۵-۱۳/۳۰ بعد از ظهر) مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین دمای اندازه‌گیری شده در فواصل آبیاری مختلف وجود داشت ($p\leq$۰/۰۱)، (جدول ۲). بیشترین (۴/۷ سلسیوس) و کمترین (۱/۴ سلسیوس) دمای پوشش گیاهی به ترتیب در بازه زمانی ۱۱-۱۰ صبح مربوط به فواصل آبیاری ۱۶ روز و ۸ روز بود. همچنین بیشترین (۱۳/۰۲ سلسیوس) و کمترین (۱۱/۵۳ سلسیوس) دمای پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۵-۱۳/۳۰ به ترتیب مربوط به فواصل آبیاری ۱۶ روز و ۸ روز بود (جدول ۳). بالا بودن دمای پوشش گیاهی در فواصل آبیاری ۱۶ روز را می‌توان به بسته بودن روزنه‌ها به علت حساسیت به کمبود آب دانست که در نتیجه آن تعرق صورت نگرفته و دمای برگ افزایش یافته است. با افزایش درجه حرارت، تنفس افزایش می‌یابد. بین تنفس نوری و فتوسنتز، اثرات متقابلی در واکنش به تغییر درجه حرارت ظاهر می‌شود (۱). گلن و پوترکا (۱۶) گزارش کردند که دلیل تغییرات دمای سطح برگ وابسته به وضعیت آبی گیاه و میزان گشودگی روزنه‌ها می‌باشد. قرارگیری گیاه در شرایط تنش رطوبتی، دمای سطح برگ را به سبب کاهش گشودگی روزنه‌ای و کاهش میزان تبادلات گازی افزایش می‌دهد. مقایسه میانگین دما بین ترکیبات ضد تعرق در بازه زمانی ۱۱-۱۰ صبح اختلاف معنی‌داری را بین ترکیبات ضد تعرق نشان داد ($p\leq$۰/۰۱). در بین این تیمارها، تیمار کیتوزان ۱ درصد بیشترین اختلاف را با تیمار شاهد نشان داد و در پایین ترین سطح دمایی قرار گرفت. دمای اندازه‌گیری شده در بازه زمانی ۱۵-۱۳/۳۰ بعد از ظهر بین سطوح ترکیبات ضد تعرق اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p\leq$۰/۰۱). در بین تیمارها، تیمار ۱ درصد کیتوزان بیشترین اختلاف را با تیمار شاهد نشان داد (جدول ۳). اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر دمای پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۵-۱۳:۳۰ بعد از ظهر معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱)، بطوری‌که بالاترین دمای پوشش گیاهی در تیمار شاهد در فواصل آبیاری ۱۶ روز و کمترین دمای پوشش گیاهی در ترکیب کیتوزان ۱ درصد در فواصل آبیاری ۸ روز مشاهده شد (شکل ۲). این اختلاف دمایی را می‌توان به افزایش آب نسبی برگ و کاهش جذب انرژی نورانی خورشید به سبب افزایش بازتاب آن نسبت داد. ترکیبات ضد تعرق با ایجاد هماهنگی بین میزان گشودگی روزنه‌ای و میزان تبادلات گازی بر میزان دمای سطح برگ تأثیر می‌گذارند (۳۰ و ۱).

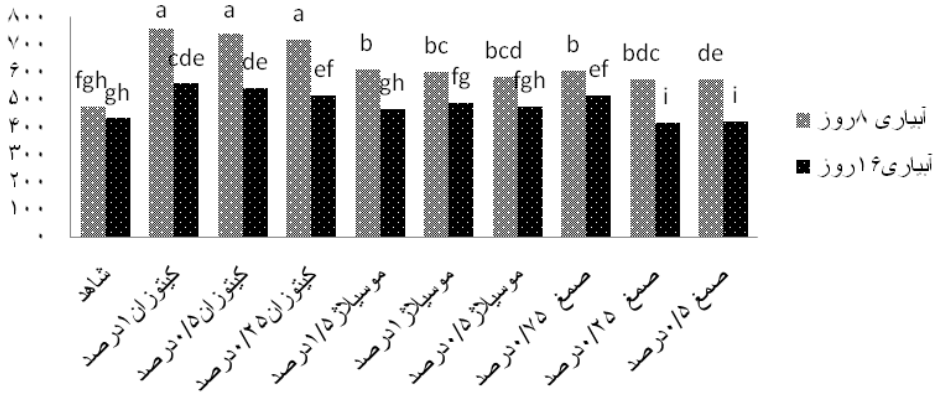
عملکرد دانه

اثر فواصل آبیاری، ترکیبات ضد تعرق و اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) حاکی از آن است که با افزایش فواصل آبیاری عملکرد دانه کاهش یافت. در سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق نسبت به شاهد عملکرد دانه بالاتری مشاهده شد. بالاترین میزان عملکرد دانه (۶۵۸/۵ کیلوگرم در هکتار)

www.SID.ir

Archive of SID

در تیمار کیتوزان ۱ درصد و کمترین عملکرد دانه (۴۵۴/۳۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد. اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بطوری‌که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب (۸ روز) و ترکیب ضد تعرق کیتوزان ۱ درصد حاصل شد (شکل ۱). تاکیوریا و همکاران (۳۷) گزارش کردند ترکیبات ضد تعرق عملکرد دانه را در گیاه آفتابگردان افزایش داد. محلول‌پاشی ترکیبات ضد تعرق در شرایط تنش خشکی، با توجه به تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه‌ها که هر سه از اجزای عملکرد سیاهدانه محسوب می‌شوند، منجر به حصول حداکثر عملکرد دانه شده است. به دلیل قرار گرفتن گیاه در شرایط مساعد، تمایل دارد که شرایط مساعد محیطی را که در اثر محلول‌پاشی ترکیبات ضد تعرق ایجاد شده است را جهت تکمیل فاز زایشی به کار گیرد. شاید بتوان گفت که افزایش عملکرد دانه در شرایط مطلوب آبیاری، بیشتر به دلیل تأثیر آن بر تعداد کپسول در هر بوته به صورت مستقیم و افزایش تعداد دانه در هر بوته به صورت غیرمستقیم بوده است. افزایش عملکرد دانه را می‌توان به رشد رویشی بهتر، توسعه کانوپی و در نتیجه استفاده بهتر از تشعشع خورشیدی و فتوسنتز بالاتر در شرایط آبیاری مطلوب نسبت داد (۳۷).



شکل ۱- اثر متقابل فواصل آبیاری ×ترکیبات ضد تعرق بر عملکرد دانه سیاهدانه (*Nigella sativa*). (LSD, $p\leq0.01$)

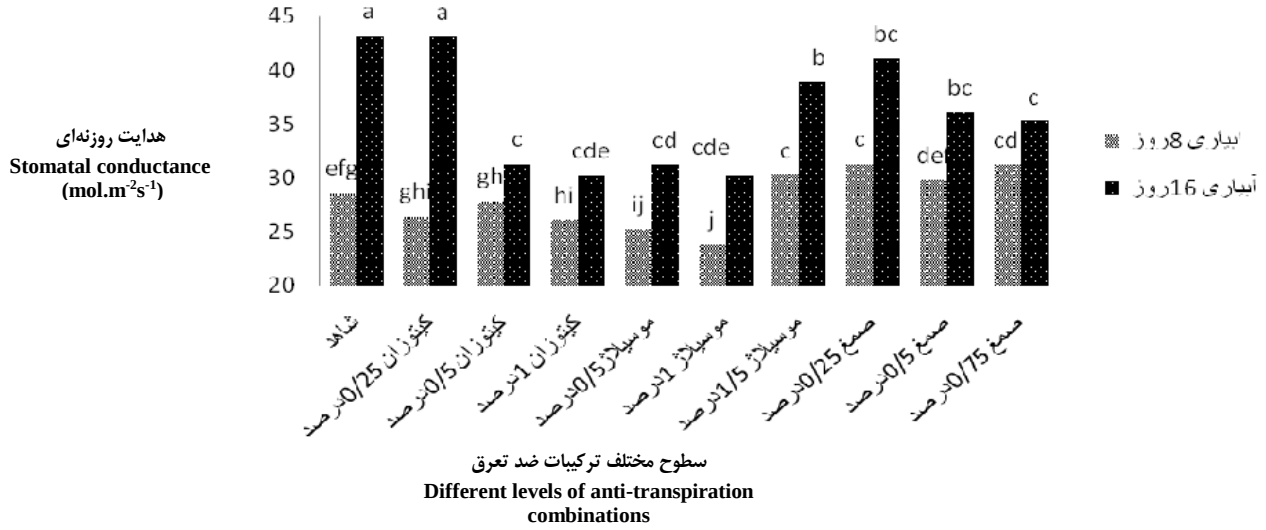
Figure 1- Interaction effect of irrigation intervals ×anti-transpiration compounds on seed yield of *Nigella sativa* L. (LSD, $p\leq0.01$)

شاخص بهره‌وری آب آبیاری برای تولید عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که شاخص بهره وری آب آبیاری بر تولید دانه تحت تأثیر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر شاخص بهره‌وری آب آبیاری بر تولید دانه معنی‌دار نشد. کاهش معنی‌دار شاخص بهره وری آب آبیاری بر تولید دانه در شرایط تنش شدید را می‌توان مرتبط به کاهش زیاد عملکرد دانه دانست. کاربرد ترکیب ضد تعرق کیتوزان شاخص بهره‌وری آب آبیاری بر تولید دانه در سیاهدانه را به طور معنی‌داری افزایش داد. غلظت ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان و تیمار شاهد بترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص بهره‌وری آب آبیاری بودند. قمرنیا و همکاران (۱۷) کاهش بازده مصرف آب سیاهدانه در شرایط تنش رطوبتی را ناشی از کاهش شدید فتوسنتز در مقایسه با تنفس گیاه گزارش کردند. اولین مکانیزم دفاعی گیاهان در برابر کاهش آب در اطراف خود جلوگیری از اتلاف آب است که بوسیله کاهش گشودگی و هدایت روزنه‌ای انجام می‌گیرد (۹). ترکیبات ضد تعرق با مکانیزم‌های از جمله تأثیر بر میزان فتوسنتز، تغییر دمای سطح برگ، کاهش میزان تعرق و میزان گشودگی روزنه‌ها و با دخالت در سنتز برخی از هورمون‌ها موجب بهبود بهره‌روی آب مصرفی در گیاه می‌شوند (۶). هورمون آبسزیک اسید نقش کلیدی را در تنظیم آب در گیاهان ایفا می‌کند. این هورمون با کاهش میزان گشودگی روزنه‌ها و میزان تعرق موجب افزایش شاخص بهره‌وری آب آبیاری در گیاهان تحت تنش خشکی می‌شود. ترکیب کیتوزان فعالیتی مشابه با هورمون آبسزیک اسید را ایفا می‌کند بنظر می‌رسد که با توجه به یکسان بودن آب مصرفی برای تمام سطوح ترکیبات ضد تعرق، بهبود شاخص بهره‌وری آب آبیاری بر تولید دانه و عملکرد بیولوژیکی تحت تأثیر و ترکیبات ضد تعرق کیتوزان را می‌توان به افزایش عملکرد دانه در این تیمار نسبت داد (۹ و ۶).

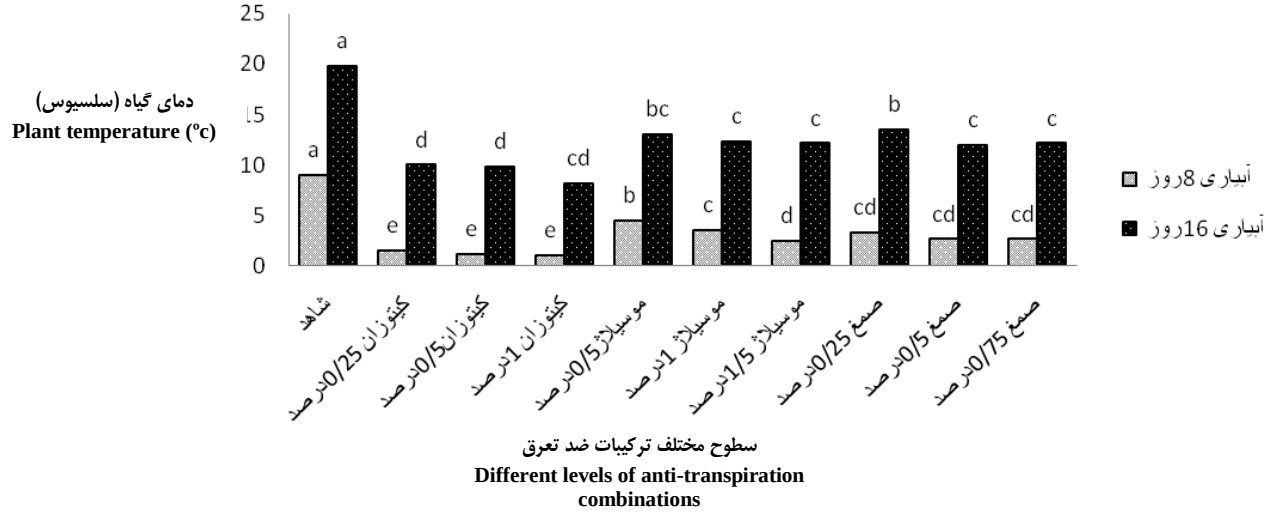
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضد تعرق بر میزان هدایت روزنه‌ای سیاهدانه (*Nigella sativa*). (LSD, $p \leq 0.01$)

Figure 2- Interaction effect of irrigation intervals ×anti-transpiration compounds on stomatal conductance of *Nigella sativa* L. (LSD, $p \leq 0.01$)



شکل ۳- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضد تعرق بر دمای برگ گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa*). (LSD, $p \leq 0.01$)

Figure 3- Interaction effect of irrigation intervals ×anti-transpiration compounds on leaf temperature of *Nigella sativa* L. (LSD, $p \leq 0.01$)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مشاهده شد سیاهدانه نسبت به آبیاری واکنش مثبتی از خود نشان داد، بطوری‌که بالاترین عملکرد و سایر صفات مورد بررسی در فاصله آبیاری ۸ روز مشاهده شد. نتایج حاصل از سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق نشان داد که کاربرد ترکیبات ضد تعرق به سبب تأثیر مستقیم بر محتوای آب درون بافتی و افزایش مقاومت گیاه به شرایط نامساعد محیطی بر روی خصوصیات مورفولوژی گیاه سیاهدانه تأثیر مثبتی را داشته است. همچنین این ترکیبات تأثیر مثبتی را بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه در شرایط تنش خشکی داشتند. دمای سطح برگ و هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شده نیز در شرایط کاربرد ترکیبات ضد تعرق نسبت به نمونه شاهد کمتر مشاهده شد. محلول‌پاشی ترکیب ضد تعرق کیتوزان نسبت به شاهد موجب تقلیل اثر تنش خشکی شد و اثرات منفی تنش خشکی را بهبود بخشید. تیمار کیتوزان ۱ درصد با ایجاد شرایط مناسب باعث افزایش عملکرد تحت شرایط تنش خشکی گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

Table 3- Mean comparisons of morphological and physiological traits of *N. sativa* L. under different levels of irrigation intervals and anti -transpirant compounds

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ LAI	تعداد شاخه گلدهنده Number of branches	عملکرد دانه Seed yeild ($kg.ha^{-1}$)	شاخص بهره وری آب آبیاری برای تولید دانه Irrigation efficiency Index (For seed production) (kg/m^3)	دمای برگ صبح Leaf temperature (Morning)	دمای برگ عصر Leaf temperature (Evening)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($mol.m^{-2}s^{-1}$)
فواصل آبیاری Irrigation interval								
۸ روز 8 days	32.87a	0.22a	5.95a	621.56a	1.55a	1.4a	11.53b	31.5b
۱۶ روز 16 days	30.64b	0.18b	5.09b	484.23b	1.21b	4.76a	13.06a	33.17a
ترکیبات ضد تعرق Anti-transpirant compounds								
شاهد control	30.8d	0.18e	5.61bc	454.31b	1.13e	9a	19.83a	35.83ab
کیتوزان ۰/۲۵درصد Chitosan 0.25%	31.85c	0.2bc	5.49bcd	618.5ab	1.54bc	1.5e	10d	34.76abc
کیتوزان ۰/۵درصد Chitosan 0. 5%	33.26b	0.21ab	5.71b	640.66ab	1.6ab	1.16e	9.83d	29.56d
کیتوزان ۱ درصدChitosan 1%	34.14a	0.23a	6.47a	659.5a	1.64a	1.06e	8.16e	28.17de
موسیلاژ اسفرزه ۰/۵در Psyllium Mucilage 0.5%	33.65b	0.22a	5.42cd	16.30c	1.35d	4.5b	13bc	28.1de
موسیلاژ اسفرزه ۱٪ Psyllium Mucilage 1%	30.89d	0.19cde	5.7b	547c	1.36d	3.5c	12.33c	27.07e
موسیلاژ اسفرزه ۱/۵درصد Psyllium Mucilage 1.5%	32.33c	0.19cde	5.48bcd	540.66c	1.32d	2.5d	12.16c	34.56bc
صمغ عربی ۰/۲۵درصد Arabian Gum 0.25%	30.06e	0.18de	4.93f	484ed	1.15e	3.33cd	13.5b	33.94c
صمغ عربی۰/۵درصد Arabian Gum 0.5%	30.85d	0.2bcd	5.1ef	493d	1.23e	2.66cd	12c	35.25abc
صمغ عربی۰/۷۵درصد Arabian Gum 0.75%	30.07e	0.18de	5.29de	561.16c	1.41cd	2.66cd	12.16c	36.23a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد

Similar letters in each column indicate no significant difference based on LSD test ($p \leq 0.05$)

محلول‌پاشی با تیمار صمغ عربی و موسیلاژ اسفرزه موجب بهبود رشد نشدند به نظر می‌رسد میزان پایداری و ماندگاری این ترکیبات نسبت به کیتوزان بر سطح گیاه کمتر بوده است. با توجه به ماهیت طبیعی و زیست تجزیه‌پذیر بودن، ایمن و ارزان بودن این ترکیبات در

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه با سایر ترکیبات ضد تعرق شیمیایی، این ترکیبات می‌توانند جایگزین مناسبی برای این ترکیبات شیمیایی باشند.

منابع

1- Bagheri H., Andalibi B., and Azimimoghaddam M.R. 2010. Effect of atrazine anti transpiration application on improving physiological traits, yield and yield components of safflower under rainfed condition. Journal of Crops Improvement, 14(2): 1-16. (In Persian with English abstract)

2- Bannayan M., Nadjafi F., Azizi M., Tabrizi L., and Rastgoo M. 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.

3- Babaeei K., Aminidehaghi M., Modaressanav S.A.M., and Jabbari R. 2010.Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 26: 239-251. (In Persian with English abstract)

4- BettaiebI., Zakhama N., Aidi Wannes W., Kchouk M.E., and Marzouk B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae, 120(2): 271-275.

5- Bahreininejad J., Razmjoo M., and Mirza N. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis.* Journal of Plant Production, 7(1): 1735-6814.

6- Bittelli M., Flury M., Campbell G.S., and Nichols E.J. 2001. Reduction of transpiration through foliar Application of chitosan. Agricultural and Forest Meteorology, 107: 167–175.

7- Chaves M.M., Flexas J., and Pinheiro C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany-London. 103: 551-560.

8- Davazdahemami S., and Majnoonhosseini N. 2008. Cultivation and production of some medicinal and spice plants. Tehran University Press. 300 pages.

9- Del Amora F.M., Cuadra-Crespoa P., Walkera D. J., Cámarab J.M., and Madridc R. 2010. Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different. Levels of CO_2 and water stress. Journal of Plant Physiology, 167: 1232-1238.

10- El-Mekawy M.A.M. 2012. Growth and Yield of (*Nigella sativa* L). Plant Influenced by Sowing Date and Irrigation Treatments. Journal of Agriculture and Environ. Research, 12(4): 499-505.

11- Flexas J., Escalona J.M., Evain S., Gulisa j., Moya I., Osmond C.B., and medran H. 2002. Steady-state chlorophyll fluorescence (Fs) measurements as a tool to follow variations of net CO_2 assimilation and stomatal conductance during water-stress in C3 plants. Journal of Physiologia Plantarum, 114(2): 231-240.

12- Gornik K., Grzesik M., and Dud R. 2008.The effect of chitosan on rooting of grapevine growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 16: 333-343.

13- Ghamarnia H., and Jalili Z. 2013. Water stress effects on different Black cumin (*Nigella sativa* L.) components in a semi-arid region. Journal of Agronomy and Plant Production, 4(3): 545-554.

14- Ghamarnia H., Gholamian M., Sepehri S., Arji I., and Rezvani V. 2012. Groundwater contribution by Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under high salinity, different water table levels, with and without irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 41: 1211-1218.

15- Ghamarnia H., Jalili Z., and Daichin S. 2012. The effects of saline irrigation water on different components of Black cumin (*Nigella sativa* L.). International Journal of AgriScience, 2(10): 915-922.

16- Glenn D.M., and Puterka G.J. 2005. Particle films: A new technology for agriculture. Horticultural Review American Society for Horticultural Science, 31: 1-44.

17- Ghamarnia H., Khosravy H., and Sepehri S. 2011. Yield and water use efficiency of (*Nigella sativa* L.) under different irrigation treatments in a semiarid region in the West of Iran. Journal of Medicinal Plants Research, 4(16): 1612-1616.

18- Ghorbanli M., Bakhshi G.R., Salimi S., and Hedayati M. 2011. Effect of Water deficit and its intraction with ascorbat, catalase and glutathione peroxidase amounts in *Nigella sativa*. Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(4): 466-476. (In Persian with English abstract)

19- Goreta S., Leskovar D.I., and Jifon J.L. 2007. Gasexchange, water status, and growth of pepper seedling sexposed to transient water deficit stress are differentially altered by antitranspirants. AmericanSociety Horticulture Science. 132: 603-610.

20- Iiriti M., Picchi V., Rossoni M., Gomarasca S., Ludwig N., Garganoand M., and Faoro F. 2009. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. Environmental and Experimentan Botany, 66: 493-500.

21- Istanbulluoglu A., Arslan B., Gocmen E., Gezer E., and Pasa C. 2010. Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oil seed rape (*Brassica napus* L.). Original Research Article Biosystems Engineering, 105(3): 388-394.

22- Jifon J.L., and Syvertsen J.P. 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of "Ruby Red" grapefruit leaves. American Society for Horticultural Science, 128: 107-112.

www.SID.ir

Archive of SID

23- Klepper B., and Rickman R.W. 1990. Modeling crop root growth and function. Advances in Agronomy, 44: 113-132.
24- Kazempour S., and Tagbakhsh M. 2002. Effect of some antitranspiration on vegetive Characteristics, yield and yield parameters of corn under limited irrigation. Journal of Agronomy Crop Science, 32(2): 205-211. (In Persian with English abstract)
25- Karuppaiah P., Rameshkumar S., Shah K., and Marimuthu R. 2003. Effect of Antitranspirants on growth, photosynthetic rate and yield characters of brinjal. Indian Journal of Plant Physiology, 8: 189-192.
26- Koutroubas S.D., Papakosta D.K., and Doitsinis A. 2000. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. Journal of Agronomy Crop Science, 184: 33-41.
27- Khalil S.E., Nahed G., Aziz A.E., and AbouLeil B.H. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. Journal of American Science, 6: 33-44.
28- Khalid A., Khalid A., Teixeira S., and Weiming C. 2010. Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of *Pelargonium odoratissimum* L. Scientia Horticulturae, 125: 159–166.
29- Khoram Del S., Kuchaki A., Nasiri Mahalati M., and Ghorbani R. 2008. Effect of biofertilizers on growth indices of black cumin. Journal Agricultural Research, 6(2): 294-285.
30- Ludwig N., Cabrini R., Faoro F., Gargano M., Gomarasca S., Iriti M., Picchi V., and Soave C. 2010. Reduction of evaporative flux in bean leaves due to chitosan treatment assessed by infrared thermogragh. Infrared Physics and Technology, 53: 65-70.
31- Moftah A.E., and Alhumaid A.I. 2005. Effects of antitranspirants on water relations and photosynthetic rate of cultivated tropical plant *Polianthes tuberose* L. Polish Journal of Ecology, 53(2): 165-175.
32- Nabipour M., Meskarbashee M., and Yosefpour H. 2007. The Effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorrius* L.). Journal of Biological Sciences, 10: 421-426.
33- Peter E., Andreas D., Peuke B., and Siegfried F. 2008. Transpiration, CO2 assimilation, WUE, and stomatal aperture in leaves of (*Viscum album* L.): Effect of abscisic acid (ABA in the xylem sap of its host (*Populus x euamericana*). Plant Physiology and Biochemistry, 46: 64-70.
34- Safikhani F., sharifabadi H., Syadat A., Ashorabadi A., Syednedjad M., and Abbaszadeh B. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics *Deracocephalum moldvica* L. Journal of Medicinal Plants Research, 23(2), 183-194. (In Persian with English abstract)
35- Sinaki J. M., Majidi E., Shirani Rad A. L., Noormohammadi G., and Zarei G. 2007. The effected of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). American Journal of Agriculture on Environment Science, 2(4): 417-422.
36- Turner N.C. 1986. Adaptation to water deficits: Achanging perspective. Australian Journal of Plant Physiology, 13: 175-190.
37- Thakuria R.K., Singh H., and Singh T. 2004. Effect ofirrigation and antitranspirant on biometric components, seed yield and plant water-use of spring sunflower (*Helianthus annuus*). Indian Journal of Agronomy, 49: 121-123.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.3, Fall 2018, P. 371-382
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۳۸۲-۳۷۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Irrigation Intervals and Anti- transpiration Compounds on Morphological Traits, Physiological Traits, and Irrigation Water Efficiency Index in the *Nigella sativa* L.

Z. Safaee[1]- M. Azizi[2]*- H. Aroiee[3]- Gh. Davarynejad[4]

Received: 01-07-2015
Accepted: 16-11-2016

Introduction: *Nigella sativa* L. is one of the herbs that has a variety of uses and has been used in Iran's traditional medicine since old times. Today this plant is considered as one of the most important kinds of medicine. Almost all the metabolic activities of plant cells, including the construction of active ingredients in medicinal plants, depend on lack of absorbable water by plants can lead to the morphological, physiological and biochemical changes, including decrease of cell swelling and growth and thus reduction of leaf area and plant height, stomatal closure and photosynthesis restriction, increase of soluble compounds for regulating the osmotic pressure, reduction of nutrient absorption and ultimately reduction of crop production. The use of anti-transpiration compounds is considered as a promising tool for the regulation of transpiration in respect of water conservation at an optimal level, where the strategies such as the use of anti-transpiration compounds have the potential for transpiration regulation. The aim of the present study is to improve the yield and yield components of medicinal plant *N. sativa* by anti-transpiration compounds under drought stress conditions.

Materials and Methods: The research was done using a split plot experiment on a randomized complete block design with three replications. The irrigation intervals (8 and 16 days) in main plots and anti-transpiration compounds of chitosan (0.25, 0.5 and 1 %), *Plantago psyllium* mucilage (0.5, 1 and 1.5 %) and arabic gum (0.25, 0.5 and 0.75 %) were put in subplots with three replications. Also, the distance between the main plots in each block and distance between the two blocks were assigned as 100 cm and 200 cm, respectively; so that the moisture content of a plot had no effect on the adjacent plots. Planting date was April 16 and planting was performed by hand in 0.5cm-deep furrows. Anti-transpiration compounds were sprayed simultaneously with applying drought stress till the flowering stage once a week at sunset. Plant height, leaf area index, irrigation water efficiency index, leaf temperature and stomatal conductance were measured.

Results and Discussion: The results showed that there were significant differences between treatments in all studied traits. The best rate of the measured traits was observed at 8-day irrigation interval and chitosan treatment. Providing plant favorite conditions such as reducing plant temperature, increasing morphological traits comparing to rainfed at 16-day irrigation interval. Applying arabic gum did not improve growth but acted as a growth inhibitor. Anti-transpiration compounds led to significant changes in all the studied traits compared to the control, indicating the effectiveness of these natural compounds. Chitosan stimulating abscisic acid synthesis in the treated plant would result in stomatal closure, reduction of stomatal conductance, transpiration rate and water content. It also pointed out that the anti-transpiration effect of chitosan was because of its stimulatory effect in increasing abscisic acid concentration in the treated leaves of bean plant. As the above compounds are natural and biodegradable, as well as safer and less expensive than other chemical anti-transpiration compounds, they can serve as a good alternative to the chemical compounds. Cognition and expertise in water relations of plant and drought stress tolerance is considered as the main program in agriculture and the ability to withstand this stress is of great economic importance.

Conclusion: The important processes, including nutrition, photosynthes is, stomatal opening and closure and growth are all influenced by water. In this study, it was observed canopy temperature and stomatal conductance would increase at 16-day irrigation interval, where the increase is considered as a drought tolerance mechanism. Also, the anti-transpiration compounds led to significant changes in terms of all the studied traits compared to the control, indicating the effectiveness of theses natural compounds. Providing the appropriate conditions, 1% chitosan treatment can enhance the yield under drought stress. Spraying by arabic gum did not improve the

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Graduated, Professor, Associate Professor and Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

growth conditions. According to this experiment, 1% chitosan treatment and 1.5% *Plantago psyllium* mucilage is considered the most appropriate strategy to enhance the yield of *Nigella sativa* under drought stress.

Keywords: Anti-transpiration compounds, Canopy temperature, Medicinal plant, Stomatal conductance, Water stress

www.SID.ir