نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۷، مرداد – شهریور ۱۴۰۲، ص. ۴۱۱-۴۰۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 17, Aug.-sEP. 2023, p. 401-411

مقاله علمی-پژوهشی

اثر توأمان تنش‌های شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط آب و هوایی کاشمر (تحت آزمایش گلدانی)

جواد علائی[۱*]، مهدی مکاری[۲]، امیرحسین قادری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۱

چکیده

تنش‌های شوری و خشکی از جدی‌ترین مشکلات تولید محصولات کشاورزی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند. بر این اساس، پژوهشی گلدانی به‌منظور بررسی اثر توأمان تنش‌های شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در زمستان سال ۱۴۰۰ و بهار سال ۱۴۰۱ در منطقه‌ی کاشمر اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش سه سطح آب آبیاری شامل W_0= ۱۰۰٪، W_1= ۷۵٪ و W_2= ۵۰٪ نیاز آبی و چهار سطح شوری شامل S_0= ۰/۷، S_1= ۴، S_2= ۸ و S_3= ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بودند که در خاک لومی شنی اعمال شدند. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر توأمان تنش شوری و خشکی بر وزن دانه در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در شرایط توأمان تنش شوری و خشکی شدید وزن دانه در بوته و بهره‌وری آب نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب به اندازه‌ی ۶۴/۱۷ و ۴۳/۲۹ درصد کاهش یافت. افزایش هم‌زمان تنش شوری و خشکی وزن دانه در بوته را نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۵/۱۹ و ۶۱/۱ درصد کاهش داد. نتایج هم‌چنین نشان داد که حد آستانه شوری آب آبیاری برای کاهش عملکرد دانه گلرنگ در شرایط اعمال کم‌آبیاری، ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. در بالاترین سطح شوری، تغییر سطح آبیاری از W_1 به W_2 بهره‌وری مصرف آب را ۲۷/۶۳ درصد کاهش داد. در شرایط آبیاری با آب غیرشور (S_0)، تغییر سطح آبیاری از W_0 به W_1 و از W_1 به W_2 باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب نگردید. با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت در شرایط دسترسی به آب غیرشور، تیمار W_1S_0 برای منطقه‌ی مورد مطالعه قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، حد آستانه شوری، گلرنگ، وزن دانه در بوته

مقدمه

علاوه بر افزایش جمعیت جهان، عوامل متعدد دیگری از جمله فرسایش و تخریب خاک‌های زراعی، تغییرات جهانی آب و هوا و تنش‌های محیطی باعث بروز نگرانی‌های جدی در مورد تولید گیاهان زراعی شده است. شوری و خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی هستند که تهدیدی جدی برای کاهش عملکرد بیش‌تر محصولات زراعی در سرتاسر جهان به شمار می‌روند (Guo et al., 2014). بسته شدن روزنه گیاهان در اثر تنش خشکی، تأثیر منفی بر فعالیت‌های فتوسنتزی می‌گذارد که در نتیجه‌ی آن رشد و نمو گیاه کاهش می‌یابد. (Chaves et al., 2009 ; Farooq and Azam., 2006). از طرفی عمده‌ترین اثر تنش شوری بر گیاهان کاهش و یا توقف رشد می‌باشد. البته تأثیر شوری تنها به یک مرحله‌ی خاص از رشد گیاه محدود نمی‌شود بلکه در تمام طول دوره‌ی رشد گیاه مؤثر بوده و در نهایت به کاهش عملکرد محصول منجر می‌شود. در این شرایط راهکار مناسب برای مقابله با کاهش عملکرد، استفاده از گیاهان مقاوم به شوری و خشکی است (فرهنگیان و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به کمیابی منابع آبی و کاهش کیفیت این منابع در اکثر مناطق جهان و از جمله ایران استفاده از آب‌های شور و اعمال روش‌های مدیریتی کم‌آبیاری برای کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین آگاهی

۱- ارشد، گروه مهندسی آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران
۳- کارشناس ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: javad.alaei1374@gmail.com)
DOR: 20.1001.1.20087942.1402.17.3.15.3

دقیق از رابطه‌ی بین کمیت و کیفیت آب مصرفی و عملکرد محصول در شرایط توأم شوری و کم‌آبی ضروری می‌باشد. یکی از محصولات زراعی که در شرایط محدودیت منابع آبی و استفاده از آب‌های شور کاشت می‌گردد، گیاه گلرنگ می‌باشد. درخصوص اثر شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ مطالعات متعددی انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

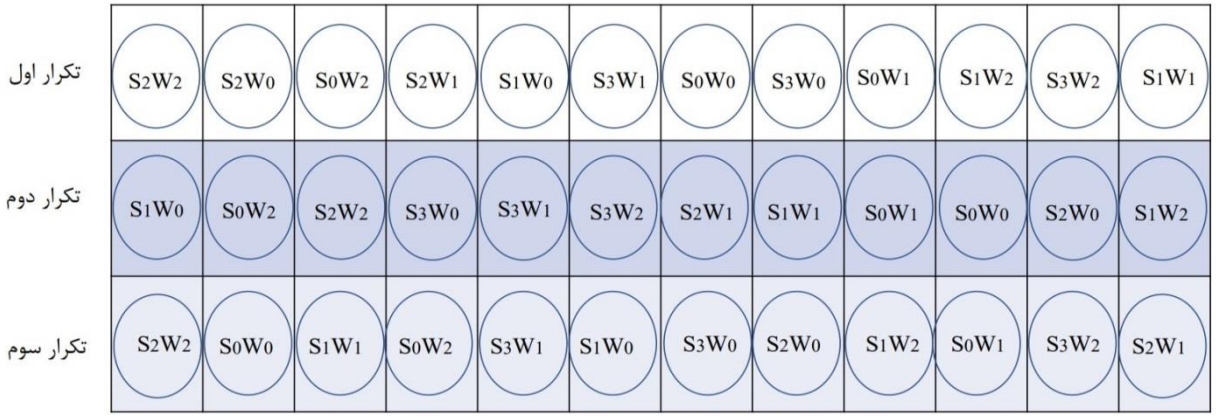
حجتی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهش خود نشان دادند که کم-آبیاری باعث کاهش طول اندام‌های هوایی، وزن ماده‌ی خشک ریشه و سرعت رشد نسبی در واریته‌های مختلف گلرنگ گردید. خوشنام و ممنوعی (۱۴۰۰) اثر چهار رژیم آبیاری و چهار تراکم بوته در واحد سطح را بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. در پژوهشی که توسط اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) انجام شد پاسخ گیاه گلرنگ به تنش هم‌زمان شوری و خشکی مورد مطالعه قرار گرفت. آن‌ها در مطالعه‌ی خود چهار سطح تنش شوری ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر و چهار سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی را مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد که استفاده از سطح آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر برای کاشت گیاه گلرنگ در منطقه‌ی مورد مطالعه امکان‌پذیر است. زیرا کاهش عملکرد دانه گلرنگ در این شرایط نسبت به تیمار شاهد (سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) تفاوت معنی‌داری نداشت. پژوهشی دیگر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گلرنگ شامل محلی اصفهان، گلدشت، صفه و فرامان انجام شد. نتایج نشان داد که در تمام ارقام مورد استفاده تیمار ۷۵ درصد تأمین نیاز آب آبیاری، مناسب‌ترین تیمار از جهت مدیریت مصرف آب و رسیدن به عملکرد مطلوب است (شاهرخ‌نیا و خادم حمزه، ۱۴۰۱). محتشمی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی-دار ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت در گیاه گلرنگ گردید. اسلام و همکاران و لولی و همکاران نیز در مطالعات خود کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، درصد روغن، وزن هزاردانه و شاخص برداشت گیاه گلرنگ در شرایط اعمال تنش خشکی را گزارش نمودند (Eslam et al., 2010؛ Lovelli et al., 2007). بررسی پاسخ فیزیولوژیک شش لاین گلرنگ در شرایط آبیاری بر اساس ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی-دار عملکرد دانه و کارایی مصرف آب شد (Bortolheiro et al., 2017). باسیل و کافکا گزارش نمودند که اگر شوری آب آبیاری و خاک در حد کم‌تر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر نگه داشته شود می‌توان از آب شور برای آبیاری گلرنگ استفاده کرد بدون آنکه عملکرد محصول کاهش چشم‌گیری داشته باشد (Bassil and Kaffka, 2002). هانس و همکاران در پژوهشی حد آستانه تحمل گلرنگ به شوری را ۶/۷ دسی‌زیمنس بر متر تعیین نمودند و عنوان کردند که اگر شوری آب آبیاری به حدود ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر برسد عملکرد دانه گلرنگ به نصف کاهش می یابد. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که اعمال تنش شوری اثر معنی‌داری بر کاهش تعداد دانه در طبق نداشت در صورتی که تعداد طبق در بوته و وزن دانه در بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Hans-Henning et al., 2004). کاهش طول دوره‌ی رشد، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در بوته نیز در بین ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در اثر اعمال تیمارهای مختلف آبیاری گزارش شده است (Achhale, 2016). فاضلی‌شورکی و همکاران (۱۴۰۱) نیز در پژوهش خود نشان دادند که اثر متقابل شوری و دور آبیاری بر تمام صفات گلرنگ به‌جز سطح برگ و نشت یونی در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

در حال حاضر اکثر خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به‌نحوی تحت تأثیر شوری می‌باشند. شوری و تنش حاصل از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در کشور ما با محدودیت جدی مواجه ساخته است. استان خراسان رضوی و شهرستان کاشمر نیز از این قاعده مستثنی نبوده و در سال‌های اخیر خاک زراعی در اکثر مناطق این شهرستان در معرض شوری ناشی از آبیاری با آب شور قرار گرفته است. از طرفی کمیابی منابع آب مناسب و وجود منابع آب شور در دشت ممنوعه بحرانی شهرستان کاشمر، کشاورزی در این منطقه را با مشکلات عدیده‌ای مواجه نموده است. افزایش عمق چاه‌های عمیق کشاورزی از ۱۰۰ متر به بالای ۲۰۰ متر به دلیل وقوع خشک‌سالی‌های سال-های قبل در اکثر مناطق این شهرستان باعث شده است که کیفیت منابع آب زیرزمینی به شدت کاهش یافته و شاهد آب‌هایی با شوری بسیار بالا در این منطقه باشیم. بنابراین در جهت ارائه راه‌کارهایی مبنی بر استفاده از آب‌های نامتعارف در منطقه و اهمیت ارتقای بهره-وری از آب‌های شور در شرایط مدیریت کم‌آبیاری، در این پژوهش سعی گردید تا اثر تنش شوری، خشکی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی مورد مطالعه قرار گیرد. هم‌چنین بر اساس تابع تولید آب- عملکرد محصول و تابع هزینه، عمق‌های شاخص آبیاری محاسبه شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمستان سال ۱۴۰۰ و بهار سال ۱۴۰۱ در گلخانه‌ای در منطقه کاشمر اجرا شد. شهرستان کاشمر در ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول جغرافیایی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۰۹/۷ متر است. متوسط

بارندگی سالانه‌ی منطقه ۱۹۲/۱ میلی‌متر می‌باشد. به‌منظور کنترل بهتر شرایط حاکم بر آزمایش از نظر اعمال تیمارهای آبیاری و شوری؛ جلوگیری از سرمازدگی و از بین رفتن گیاه در زمستان و ممانعت از ایجاد اشکال و خطا در تیمارهای کم‌آبیاری در اثر رخداد بارندگی، از پژوهش گلدانی و محیط داخل گلخانه استفاده شد. جهت جلوگیری از ورود اشعه ماوراء بنفش، از پلاستیک‌های ضد اشعه‌ی ماوراء بنفش به عنوان پوشش گلخانه استفاده گردید. کمینه‌ی دمای داخل گلخانه ۳ و بیشینه‌ی آن ۴۷ درجه سانتی‌گراد بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش سه سطح آب آبیاری شامل ۱۰۰٪= W_0، ۷۵٪= W_1 و ۵۰٪= W_2 نیاز آبی و چهار سطح شوری شامل ۰/۷= S_0، ۴= S_1، ۸= S_2 و ۱۲= S_3 دسی‌زیمنس بر متر بودند که در خاک لومی شنی (خاک غالب مناطق کاشمر که در آن‌ها گلرنگ کاشت می‌شود) اعمال شدند. نقشه‌ی شماتیک طرح آزمایشی در شکل ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب مورد مطالعه در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.



شکل ۱- نقشه‌ی شماتیک طرح آزمایشی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک استفاده شده در گلدان‌ها قبل از اعمال تیمارها

چگالی ظاهری (g/cm^3)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	کل آهک خاک (٪)	بافت	ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی)
۱/۴۱	۷۱	۱۲	۱۷	۱۴/۶	لومی شنی	۲۲/۵	۵

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها قبل از اعمال تیمارها

EC (ds/m)	pH	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	نیتروژن (٪)	$Mg^{+2}+Ca^{+2}$ (meq)	Na^{+} (meq)	SAR
۱/۳۴	۷/۴۹	۰/۴۲۸	۲/۹	۱۷۳/۵۲	۰/۰۳	۴/۲	۸/۵۱	۵/۸۹

جدول ۳- نتایج تجزیه شیمیایی آب شرب

EC	pH	K^{+}	Na^{+}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	$SO4^{-2}$	Cl^{-}	$HCO3^{-}$	SAR
		(میلی اکی والان در لیتر)							
۰/۷	۷/۷۵	۰/۰۲	۰/۸۹	۰/۶۲	۲/۶۸	۰/۱۵	۰/۸۵	۲/۸	۰/۶۹

برای کاشت از تعداد ۳۶ گلدان پلاستیکی با ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر استفاده شد که برای سهولت در زهکشی، در کف گلدان‌ها به ضخامت سه سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. پنج سانتی‌متر از لبه گلدان برای انجام آبیاری خالی در نظر گرفته شد و بقیه حجم آن به‌گونه‌ای از خاک پُر گردید که وزن تمام گلدان‌ها ۱۴ کیلوگرم باشد. برای تعیین وزن گلدان‌ها در رطوبت معادل گنجایش مزرعه‌ای (FC) و هم‌چنین رفع شوری خاک، گلدان‌ها با آب شُرب شهری اشباع و اجازه داده شد زهکشی تا ۴۸ ساعت انجام شود. بعد از این مدت گلدان‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم گرم وزن شده و این وزن به‌عنوان وزن گلدان‌ها در FC در نظر گرفته شد. برای تعیین

مقدار آب مورد نیاز در هر آبیاری ابتدا گلدان‌ها وزن شدند و سپس از طریق اختلاف وزن اندازه‌گیری شده با وزن گلدان در ظرفیت زراعی و در نظر گرفتن ضریب تیمارهای آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد)، میزان آب لازم برای هر گلدان به‌دست آمد. سطوح شوری نیز از طریق اختلاط آب شُرب شهری با مقدار مشخصی نمک کلرید سدیم که مقدار آن با استفاده از رابطه‌ی (۱) تعیین شد، به‌دست آمدند.

$$\frac{mg}{lit} = 640 \times EC \qquad (۱)$$

در این رابطه، EC هدایت الکتریکی آب (دسی‌زیمنس بر متر) و mg/lit مقدار نمکی که باید در یک لیتر آب حل شود تا هدایت الکتریکی آن به مقدار مشخصی برسد.

در تاریخ ۱۴۰۰/۹/۹ بذرهای گلرنگ رقم پدیده در سینی کاشت، کاشته شدند. انتخاب رقم پدیده به دلیل پُرمحصول بودن و مقاومت نسبتاً خوب آن به تنش‌های محیطی بود. بعد از دو هفته که گیاه چهار برگی شد نشاها به گلدان‌ها منتقل شدند و به مدت یک ماه در گلدان‌ها و در شرایط یکسان، با آب شرب آبیاری می‌شدند. در تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۹، اعمال تیمارها شروع شد و تا آخر فصل رشد (۱۴۰۰/۰۱/۱۸) ادامه یافت. پس از برداشت محصول در آخر فصل رشد، تمام بوته‌های برداشت شده از هر تیمار در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت خشک شدند و وزن خشک شاخساره اندازه‌گیری شد. علاوه بر وزن خشک اندام‌های هوایی، ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته بر حسب گرم بر مترمربع نیز اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت (HI) و بهره‌وری آب (WP) در هر تیمار به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه گردید (فاضلی‌شورکی و همکاران، ۱۴۰۱).

$$HI = \frac{GY}{DM} \times 100 \qquad (۲)$$

در این رابطه، GY: عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) و DM: ماده خشک شاخساره (گرم بر مترمربع) می‌باشد.

$$WP = \frac{GY}{TIV} \qquad (۳)$$

در این رابطه، WP: بهره‌وری آب (Kgm^{-3})، GY: وزن دانه در بوته (Kg) و TIV: کل حجم آب آبیاری به کار برده شده در طول فصل رشد (m^3) می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری صفات اندازه‌گیری شده و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد توسط نرم افزار SAS.9.0 انجام شد. محاسبات لازم و رسم نمودارها با نرم افزار Excel 2016 صورت گرفت.

محاسبه‌ی عمق‌های شاخص آبیاری

برای تعیین عمق‌های شاخص آبیاری، ابتدا رابطه‌ی بین عمق آب آبیاری و عملکرد دانه (تابع تولید آب- عملکرد) برای تیمارهایی که با آب غیرشور (S0) آبیاری می‌شدند، از برازش منحنی درجه‌ی دوم بر داده‌های عملکرد در مقابل عمق آب آبیاری، به‌دست آمد. معادله‌ی حاصل یک معادله‌ی درجه دوم به‌صورت زیر بود:

$$Y_w = a_1 + b_1 \times I + c_1 \times I^2 \qquad (۴)$$

در این معادله، Yw عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار، I عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر و a_1، b_1، c_1، ضرایب ثابتی هستند که از برازش منحنی درجه دوم به دست آمدند.

سپس با فرض خطی بودن تابع هزینه خواهیم داشت (راشکی و همکاران، ۱۳۹۹):

$$C(w) = a_2 + b_2 \times I \qquad (۵)$$

در این معادله، a_2 و b_2 به‌ترتیب کل هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت برای یک هکتار سطح زیرکشت گلرنگ و قیمت هر مترمکعب آب مصرفی می‌باشند. با مشخص شدن ضرایب تابع تولید آب- عملکرد، تابع هزینه و هم‌چنین قیمت محصول به‌ازای هر کیلوگرم، عمق‌های شاخص آبیاری از روابط زیر محاسبه می‌شوند (انصاری، ۱۳۸۷):

عمق آب مصرفی در شرایط محدودیت زمین:

$$W_1 = \frac{b_2 - P_c \times b_1}{2P_c \times c_1} \qquad (۶)$$

عمق آب مصرفی گیاه در شرایط محدودیت آب:

$$W_w = \left[\frac{(P_c \times a_1) - a_2}{P_c \times c_1}\right]^{0.5} \qquad (۷)$$

عمق معادل آبیاری بیشینه:

برای به‌دست آوردن این عمق در ابتدا باید مقدار Z_1 از رابطه‌ی زیر تعیین شود:

$$Z_1 = \left[(P_c.b_1 - b_2)^2 - 4P_c c_1\left(\frac{P_c b_1^2}{4c_1} - \frac{b_1.b_2}{2c_1}\right)\right]^{0.5} \qquad (۸)$$

با توجه به مقدار Z_1، عمق آب مصرفی که سود ناشی از آن برابر کاربرد ماکزیمم عمق آب مصرفی گیاه است، نیز با توجه به معادله‌ی زیر محاسبه شد:

$$W_{c1} = \frac{b_2 - P_c.b_1 + Z_1}{2P_c.c_1} \qquad (۹)$$

لازم به یادآوری است که ماکزیمم عمق آب مصرفی (W_m) عبارت است از:

$$W_m = \frac{-b_1}{2c_1} \qquad (۱۰)$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایش توأمان تنش شوری و خشکی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ در آزمایش توأمان تنش شوری و خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن دانه در بوته	ارتفاع بوته	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن خشک شاخساره	وزن هزار دانه	بهره‌وری آب	شاخص برداشت
خشکی	۲	۴۳۱۹/۱۶**	۶۱/۹۵^{ns}	۶۰**	۸۵**	۱/۹^{ns}	۱۵۷**	۹۹۶/۲**	۰/۱۶**
شوری	۳	۵۶۶۲/۶۲**	۲۹۵۱**	۶۲**	۱۱۱**	۵۴**	۱۹۳**	۶۳۹/۹**	۰/۱۵**
خشکی*شوری	۶	۴۴۵/۳۵**	۱۵۶/۷^{ns}	۴/۷**	۷/۲**	۰/۳^{ns}	۱۲**	۳۸۷/۱**	۰/۰۹*
خطا	۲۴	۱/۱۰	۱۴۹/۸۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۸۳	۱/۹۳	۰/۰۴	۳۴/۲۲	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات		۱/۲۸	۱۷/۸۸	۱/۷۶	۰/۹۹	۱۷/۳	۰/۵۹	۷/۵	۱۴/۱

*، ** وns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌داری است.

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر وزن دانه در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و بهره‌وری آب در سطح یک درصد و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. در جدول ۵ مقایسه‌ی میانگین‌ها برای صفاتی که اثر توأمان تنش شوری و خشکی بر آن‌ها معنی‌دار بود، نشان داده شده است. با توجه به جدول ۵ مشخص می‌شود که در تمام سطوح آبیاری با افزایش تنش شوری، وزن دانه در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، بهره‌وری آب و شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هم‌چنین نتایج ارائه شده در جدول ۵ نشان داد که بین میانگین وزن دانه در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در تیمار شاهد (W_0S_0) در مقایسه با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیش‌ترین مقدار وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن‌ها مربوط به تیمار W_2S_3 بودند. از طرفی نتایج ارائه شده در جدول ۵ نشان داد که بین میانگین بهره‌وری آب و شاخص برداشت در تیمار شاهد با تیمار W_0S_1 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۵- اثر توأمان تنش شوری و خشکی بروزن دانه در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، بهره‌وری آب و شاخص برداشت

تیمار	وزن دانه در بوته (گرم بر مترمربع)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	شاخص برداشت
W_0S_0	۱۵۱/۰۲^{a}	۱۶^{a}	۳۸/۶۶^{a}	۴۷/۵^{a}	۰/۹۷^{a}	۰/۹^{a}
W_0S_1	۹۸/۵۳^{c}	۱۰^{c}	۳۱^{c}	۳۷/۳^{c}	۰/۸۹^{abc}	۰/۷۷^{abc}
W_0S_2	۸۷/۹۰^{d}	۹^{d}	۲۹/۳۳^{d}	۳۵/۲۳^{d}	۰/۸۷^{abcd}	۰/۷۳^{bcd}
W_0S_3	۷۲/۲۹^{f}	۷^{f}	۲۷^{e}	۳۲/۲^{f}	۰/۸۳^{cde}	۰/۶^{edf}
W_1S_0	۱۲۰/۱۵^{b}	۱۲^{b}	۳۴^{b}	۴۱/۵^{b}	۰/۹۵^{ab}	۰/۸۷^{ab}
W_1S_1	۸۲/۷۶^{e}	۸^{e}	۲۹^{d}	۳۴/۲۳^{e}	۰/۸۴^{bcde}	۰/۶۸^{cde}
W_1S_2	۷۲/۲۹^{f}	۷^{f}	۲۷^{e}	۳۲/۲^{f}	۰/۷۷^{de}	۰/۵۶^{ef}
W_1S_3	۶۴/۵۷^{g}	۶^{g}	۲۶^{f}	۳۰/۷^{g}	۰/۷۶^{de}	۰/۵۱^{f}
W_2S_0	۸۳/۴۴^{e}	۸^{e}	۲۹^{d}	۳۴/۳۶^{e}	۰/۸۵^{bcde}	۰/۷۱^{cde}
W_2S_1	۶۴/۲۳^{g}	۶^{g}	۲۶^{f}	۳۰/۶۳^{g}	۰/۷۴^{e}	۰/۴۷^{fg}
W_2S_2	۵۸/۷۴^{h}	۵^{h}	۲۵^{g}	۲۹/۵۶^{h}	۰/۶۱^{f}	۰/۳۶^{gh}
W_2S_3	۵۴/۱۱^{i}	۵^{h}	۲۵^{g}	۲۸/۶۶^{i}	۰/۵۵^{f}	۰/۲۳^{h}
معنی داری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۵

W_0، W_1و W_2 به ترتیب تیمار آبیاری کامل (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی و S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب تیمار شوری آب آبیاری ۰/۷ (شاهد)، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشند. حروف متفاوت در مورد هر تیمار بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال یک درصد است.

الف) وزن دانه در بوته

نتایج ارائه شده در جدول مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که وزن دانه در بوته گلرنگ در تیمار بدون تنش خشکی (W_0)، تنش خشکی متوسط (W_1) و شدید (W_2) با افزایش تنش شوری به‌طور معنی‌داری

کاهش پیدا کرد. به‌طوری که وزن دانه در بوته در سطح تنش خشکی متوسط (W_1) با افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 و از S_2 به S_3 به‌ترتیب به اندازه‌ی ۱۲/۶۵ و ۱۰/۷۷ درصد و در سطح تنش خشکی شدید (W_2) با افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 و از S_2 به S_3 به‌ترتیب به اندازه‌ی ۸/۵۴ و ۷/۸۸ درصد کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که درصد کاهش وزن دانه در بوته در اثر تشدید تنش شوری در شرایط تنش خشکی شدید نسبت تنش خشکی متوسط، کم‌تر است. بیش‌ترین وزن دانه در بوته مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن متعلق به تیمار W_2S_3 بود. هم‌چنین در سطوح شوری S_1، S_2 و S_3 نیز افزایش تنش خشکی از حالت متوسط به شدید باعث کاهش معنی‌دار وزن دانه در بوته گردید. نتایج پژوهش‌های کوتروباس و همکاران نیز نشان داد که تنش خشکی در مراحل گلدهی و پُر شدن بذر، در مزارع گلرنگ بهاره، باعث کاهش معنی‌دار وزن دانه در بوته شد که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت (Koutroubas et al., 2009). یکی از دلایل محتمل کاهش وزن دانه در بوته در شرایط تنش خشکی، کاهش فتوسنتز و جذب نیتروژن می‌باشد (Koutroubas & Papakosta, 2010). نتایج پژوهش‌های خوشنام و ممنوعی (۱۴۰۰) ؛ اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) ؛ محتشمی و همکارن (۱۳۹۷) ؛ (Achhale, 2016) ؛ (Bortolheiro et al., 2017) نیز کاهش معنی‌دار وزن دانه در بوته در شرایط تنش خشکی را نشان داد که با نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر، مطابقت داشت.

ب) تعداد طبق در بوته

پاسخ تعداد طبق در بوته به تنش شوری و خشکی مشابه وزن دانه در بوته بود. به‌طوری که تعداد طبق در بوته در هر دو سطح تنش خشکی ملایم و شدید با افزایش تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها در جدول ۵ نشان داد که تعداد طبق در بوته در تیمار کم‌آبیاری W_1 با افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 و از S_2 به S_3 به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۱۴/۲۸ درصد کاهش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که در تیمار کم‌آبیاری W_2 نیز افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 باعث کاهش ۱۶/۶۷ درصدی تعداد طبق در بوته گردید. هم‌چنین در سطوح تنش شوری S_1، S_2 و S_3 نیز افزایش تنش خشکی از متوسط به شدید، تعداد طبق در بوته را به‌ترتیب ۲۵، ۲۸/۵۷ و ۱۶/۶۷ درصد کاهش داد. به‌نظر می‌رسد کاهش کلروفیل و رنگ دانه‌های گیاهی و به تبع آن کاهش فتوسنتز در شرایط توأمان تنش شوری و خشکی می‌تواند سبب افزایش سقط گلچه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد طبق در بوته گردد (اسکندری و کاظمی، ۱۳۹۸). کازاتو و همکاران نیز گزارش نمودند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته می‌گردد که با نتیجه‌ی به‌دست آمده در این پژوهش هم‌خوانی داشت (Cazzato et al., 1997).

پ) تعداد دانه در طبق

بر اساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۵ می‌توان گفت که اثر توأمان تنش شوری و خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق گردید. به‌طوری که در تیمار کم‌آبیاری W_1 با افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 و از S_2 به S_3 به‌ترتیب ۶/۸۹ و ۳/۷ درصد کاهش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که در تیمار کم‌آبیاری W_2 نیز افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 باعث کاهش ۳/۸۴ درصدی تعداد دانه در طبق گردید. از طرفی در سطوح تنش شوری S_1، S_2 و S_3 نیز افزایش تنش خشکی از متوسط به شدید، تعداد دانه در طبق را به‌ترتیب ۱۰/۳۴، ۷/۴ و ۳/۸۴ درصد کاهش داد که با نتایج به‌دست آمده در پژوهش فرجام و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت داشت.

ت) وزن هزار دانه

نتایج جدول مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار W_0S_0 و کم‌ترین مقدار آن متعلق به تیمار W_2S_3 بود. در تمام سطوح آبیاری با افزایش تنش شوری، وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. شیب کاهش وزن هزار دانه در اثر افزایش تنش شوری، با تغییر سطح آبیاری از W_0 به W_1 در مقایسه با تغییر سطح آبیاری از W_1 به W_2 بیش‌تر بود. با افزایش شوری آب آبیاری، جذب آب و به دنبال آن جذب عناصر ضروری کاهش می‌یابد. این مسئله باعث کاهش تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته و در نتیجه وزن هزار دانه می‌گردد (فاضلی‌شورکی و همکاران، ۱۴۰۱). افزایش توأمان تنش شوری و خشکی در تیمارهای W_1S_1 و W_2S_2 به‌ترتیب باعث کاهش ۲۷/۹۳و ۳۷/۷۶ درصد وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد (W_0S_0) گردید. وزن هزار دانه در سطح تنش خشکی متوسط (W_1) با افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 و از S_2 به S_3 به‌ترتیب به اندازه‌ی ۵/۹۳ و ۴/۶۵ درصد و در سطح تنش خشکی شدید (W_2) با افزایش تنش شوری از S_1 به S_2 و از S_2 به S_3 به‌ترتیب به اندازه‌ی ۳/۴۹ و ۳/۰۴ درصد کاهش یافت. از طرفی در سطوح شوری S_1، S_2 و S_3 با افزایش تنش خشکی از متوسط (W_1) به شدید (W_2) وزن هزار دانه به‌ترتیب ۱۰/۵۱، ۸/۱۹ و ۶/۶۴ درصد کاهش یافت. این نتیجه با نتیجه‌ی به‌دست آمده در پژوهش محتشمی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت.

ث) بهره‌وری آب

با توجه به نتایج به‌دست آمده در جدول ۵ مشخص گردید که در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری، با افزایش تنش شوری از ۸ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مقدار بهره‌وری آب به‌طور معنی‌داری کاهش

یافت. هم‌چنین با اعمال تنش خشکی متوسط، افزایش شوری آب آبیاری از ۴ دسی‌زیمنس به بالا باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری آب در گیاه گلرنگ گردید. کم‌ترین مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای W_2S_2 و W_2S_3 مشاهده گردید. فاضلی‌شورکی و همکاران (۱۴۰۱) نیز کاهش بهره‌وری مصرف آب با افزایش تنش شوری در گیاه گلرنگ را گزارش نمودند که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش هم‌خوانی دارد. در شرایط آبیاری با آب غیرشور (S_0)، تغییر سطح آبیاری از W_0 به W_1 و از W_1 به W_2 باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب نگردید. به عبارت دیگر اعمال تنش خشکی متوسط تأثیری در کاهش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب نداشت. این روند برای شوری کم (S_1) و متوسط (S_2) نیز برقرار بود. در حالی که با اعمال تنش شوری شدید (S_3)، تغییر سطح آبیاری از W_0 به W_1 باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب نشد اما تغییر سطح آبیاری از W_1 به W_2 بهره‌وری مصرف آب را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. نتایج هم‌چنین نشان داد که اعمال تنش خشکی شدید باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب نسبت به تیمار بدون تنش آبی شد. نتایج پژوهش میدانشاهی و همکاران (۱۳۹۲) افزایش بهره‌وری مصرف آب گلرنگ را با اعمال کم‌آبیاری نشان داد در حالی که شورکی و همکاران (۱۴۰۱) کاهش بهره‌وری مصرف آب در شرایط اعمال کم‌آبیاری را برای گلرنگ گزارش نمودند. علت مغایرت نتایج به‌دست آمده برای بهره‌وری مصرف آب گلرنگ در شرایط تنش خشکی را می‌توان به اختلاف شرایط محیط رشد و نوع رقم استفاده شده و هم‌چنین چگونگی اعمال تنش خشکی در طول فصل رشد در مطالعات مختلف مرتبط دانست (فاضلی‌شورکی و همکاران، ۱۴۰۱). اگر کم‌آبیاری به‌صورت تنظیم شده (RDI) و در مقاطعی از فصل رشد به گیاه اعمال گردد ممکن است باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب گردد اما اعمال کم‌آبیاری به صورت ثابت (SDI) و در طول فصل رشد، باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب می‌گردد. با توجه به این که در پژوهش حاضر تنش‌های شوری و خشکی به‌طور هم‌زمان اعمال شدند و تنش‌ها در کل دوره‌ی رشد فعال گیاه به‌خصوص مرحله‌ی گلدهی و پُر شدن دانه‌ها وجود داشت، بنابراین افزایش بهره‌وری مصرف آب با اعمال کم‌آبیاری مشاهده نگردید. بنابراین از رقم گلرنگ پدیده تحت شرایط توأم تنش شوری و خشکی نمی‌توان انتظار بالایی در تولید دانه داشت.

ث) شاخص برداشت

نتایج جدول مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۵) در مورد شاخص برداشت نشان داد که به استثنای تنش شوری متوسط (S_2)، در بقیه‌ی سطوح شوری، در شرایط اعمال تنش خشکی متوسط، شاخص برداشت کاهش معنی‌داری نداشت اما در شرایط اعمال تنش خشکی شدید، شاخص برداشت کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. در سطح شوری S_2، اعمال تنش خشکی متوسط و شدید باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گردید. مشابه بهره‌وری مصرف آب، کم‌ترین شاخص برداشت در سطوح شوری S_2 و S_3 و اعمال کم‌آبیاری شدید (W_2) مشاهده گردید. هم‌چنین نتایج نشان داد که در سطوح آبیاری W_1 و W_2 تغییر شوری آب آبیاری از S_0 به S_1 باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شد اما تغییر شوری آب آبیاری از S_1 به S_2 و از S_2 به S_3 کاهش معنی‌داری در شاخص برداشت ایجاد نکرد. به عبارتی شیب کاهش شاخص برداشت در شوری کم نسبت به شوری‌های متوسط و بالا بسیار بیش‌تر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حد آستانه کاهش محصول برای گلرنگ رقم پدیده در شرایط اعمال کم-آبیاری، شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. از آنجا که یکی از اجزای شاخص برداشت عملکرد دانه می‌باشد بنابراین تغییرات شاخص برداشت به میزان زیادی به عملکرد دانه بستگی دارد. هر عاملی که بر روی عملکرد دانه بیش‌تر از وزن خشک شاخساره اثر بگذارد باعث تغییر شاخص برداشت می‌شود (فاضلی‌شورکی و همکاران، ۱۴۰۱). پاسبان اسلام و همکاران گزارش کردند که تنش خشکی شدید در گلرنگ باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شد که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. زمانپور سیچانی (۱۳۸۳) گزارش کرد که در مقایسه‌ی میانگین‌ها حداکثر شاخص برداشت برای کم-ترین سطح شوری و حداقل شاخص برداشت برای بیش‌ترین سطح شوری مشاهده گردید که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش هم-خوانی داشت.

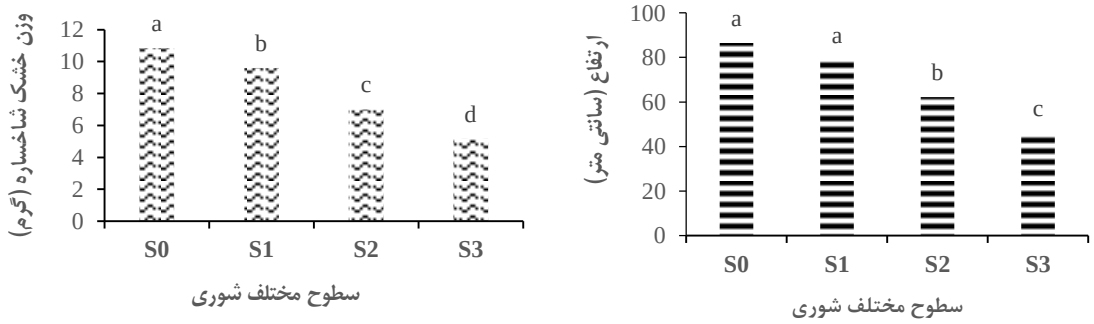
چ) ارتفاع بوته

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر تنش شوری بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود در حالی که اثر تنش خشکی و اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. در شکل ۴- الف تأثیر سطوح مختلف شوری بر ارتفاع بوته در سطح آبیاری W_0 نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۴- الف مشاهده می‌شود در سطح آبیاری W_0 ، ارتفاع بوته برای سطوح شوری S_1، S_2 و S_3 نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۸/۷۲، ۲۸/۱۴ و ۴۶/۸۹ درصد کاهش یافت. (Yaron and Frenkel 1994 ; Bassil and Kaffka, 2002) نیز کاهش ارتفاع بوته گلرنگ را با افزایش شوری آب آبیاری گزارش کردند که با نتایج به-دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت.

خ) وزن خشک شاخساره

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تنها اثر شوری بر وزن خشک شاخساره در سطح یک درصد معنی‌دار

بود. با توجه به شکل ۴ –ب مشخص می‌شود که وزن خشک شاخساره در سطوح شوری S_0 و S_1 نسبت به سطوح شوری S_2 و S_3 بیش‌تر است. از طرفی همان‌طور که در شکل ۴–ب مشاهده می‌شود در سطح آبیاری W_0، وزن خشک شاخساره برای سطوح شوری S_1 ، S_2 و S_3 نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۶/۴۹، ۳۵/۴۸ و ۵۲/۳۵ درصد کاهش یافت. کاهش رطوبت خاک به دلیل ممانعت از طویل شدن سلول و قطع جریان آب از آوند چوبی به سلول‌های اطراف، باعث کاهش جوانه زنی بذر، طول ساقه و وزن تر و خشک نهال گلرنگ می‌گردد (حجتی و همکاران، ۱۳۹۰).



الف ب

شکل ٤ - اثر تنش شوری بر الف) ارتفاع، ب) وزن خشک شاخساره در سطح آبیاری W_0

تعیین عمق بهینه‌ی آبیاری در شرایط محدودیت آب

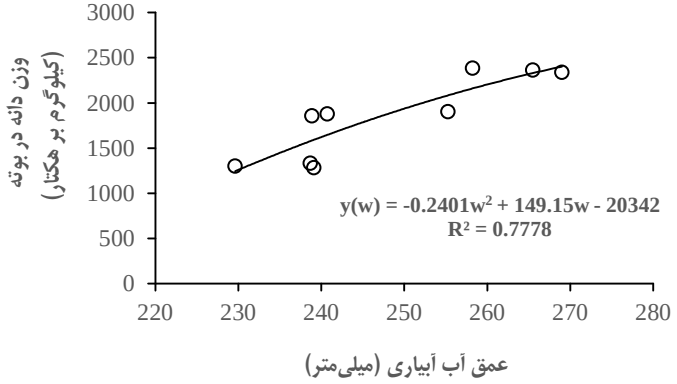
مطابق آنچه در قسمت مواد و روش‌های مقاله عنوان گردید ابتدا تابع تولید آب- عملکرد گلرنگ در شرایط آبیاری با آب غیرشور، از برازش منحنی درجه دوم بر داده‌های عملکرد در مقابل عمق آب آبیاری (شکل ۵)، به‌صورت تابع زیر به‌دست آمد.

$$Y_w = -0.2401I^2 + 149.15I - 20342 \quad (۱۱)$$

هم‌چنین بر اساس آمار اخذ شده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان کاشمر برای سال زراعی ۱۴۰۱ در خصوص هزینه تمام شده کاشت، داشت و برداشت برای یک هکتار سطح زیر کشت گلرنگ معادل ۱۳۵۰۰۰۰۰۰ریال؛ قیمت هر مترمکعب آب مصرفی معادل ۱۸۰۰۰۰ ریال و قیمت هر کیلوگرم دانه روغنی گلرنگ معادل ۳۳۰۰۰۰ ریال، تابع هزینه به‌صورت زیر و ضرایب a_1، b_1، c_1، a_2 و b_2 به‌ترتیب ۲۰۳۴۲–، ۱۴۹/۱۵، ۰/۲۴۰۱–، ۱۳۵۰۰۰۰۰۰ و ۱۸۰۰۰۰ به‌دست آمدند.

$$C_w = 135000000 + 180000I \quad (۱۲)$$

بر اساس معادلات ۶ تا ۱۰ ارائه شده در قسمت مواد و روش‌ها، مقادیر محاسبه شده برای W_1، W_w، Wc_1 و W_m به‌ترتیب ۳۰۹، ۲۹۳، ۳۰۸ و ۳۱۰ میلی‌متر به‌دست آمد. بنابراین ملاحظه می‌گردد که عمق بهینه آبیاری در شرایط محدودیت آب ۲۹۳ میلی‌متر خواهد بود.



شکل ۵ - تابع تولید آب- عملکرد گلرنگ در شرایط آبیاری با آب غیرشور

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش شوری و خشکی بر تمام صفات مورفولوژیک گلرنگ به جز ارتفاع بوته و وزن خشک شاخساره معنی‌دار بود. در سطوح شوری S_1، S_2 و S_3 با افزایش تنش خشکی از متوسط (W_1) به شدید (W_2)، وزن دانه در بوته به‌ترتیب ۲۲/۳۹، ۱۸/۷۴ و ۱۶/۱۹ درصد کاهش یافت. این نشان می‌دهد که درصد کاهش وزن دانه در بوته در اثر تشدید تنش خشکی در شوری کم نسبت به شوری متوسط و زیاد، بیش‌تر است. از طرفی نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نیز نشان داد که درصد کاهش وزن دانه در بوته در اثر تشدید تنش شوری، در تنش خشکی متوسط نسبت به تنش خشکی شدید، بیش‌تر است. با توجه به این که میانگین کاهش وزن دانه در بوته در شرایط تشدید تنش خشکی (حدود ۱۹ درصد) در مقایسه با تشدید تنش شوری (حدود ۱۰ درصد)، بیش‌تر بود بنابراین می‌توان گفت حساسیت گلرنگ رقم پدیده به تنش خشکی بیش‌تر از تنش شوری است. البته نتایج به‌دست آمده در این پژوهش حاکی از تأثیر بیش‌تر تنش خشکی نسبت به تنش شوری در کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته نیز بود. با توجه به این که تنش‌های خشکی در این پژوهش در طول فصل رشد و به‌طور ثابت به گیاه گلرنگ اعمال شد، بنابراین بهره‌وری مصرف آب با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. از طرفی افزایش توأمان تنش شوری و خشکی نیز باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب در گلرنگ گردید. با عنایت به نتایج به‌دست آمده در مورد بهره‌وری مصرف آب گلرنگ رقم پدیده در این پژوهش پیشنهاد می‌گردد در شرایطی که تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه امکان‌پذیر باشد استفاده از آب‌های تا شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌تواند عملکرد قابل قبولی از تولید دانه گلرنگ را به همراه داشته باشد اما در شرایطی که کمیابی و محدودیت منابع آب امکان تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه گلرنگ را فراهم ننماید توصیه می‌شود که برای رسیدن به عملکرد قابل قبول در تولید دانه گلرنگ از آب‌های غیرشور با سطح آبیاری ۷۵ درصد تأمین نیاز آبی استفاده گردد.

منابع

اسکندری، ح. و کاظمی، ک. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر سطوح آبیاری و مدیریت حاصلخیزی خاک بر عملکرد دانه و روغن کنجد (Sesamum indicum L.). تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲(۱): ۱۱۱-۱۲۲.

اسماعیل‌زاده، م.، بابازاده، ح.، تقوی، ه.، صارمی، ع. و شیر اسماعیلی، غ. ۱۴۰۰. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و فتوسنتز گلرنگ (Carthamus Tinctorius L.) در پاسخ به تنش‌های ترکیبی شوری و خشکی در مرحله رشد رویشی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۵(۵۷): ۹۱-۱۰۸.

انصاری، ح. ۱۳۸۷. تعیین عمق شاخص و بهینه آبیاری در ذرت‌های زودرس با هدف احتساب حداکثر سود. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲(۲): ۱۰۷-۱۱۶.

حجتی، م.، مدرس‌ثانوی، ع.، کریمی، م. و قناعتی، ف. ۱۳۹۰. پاسخ سیستم‌های رشد و آنتی اکسیدانی در Carthamus tinctorius L.تحت تنش کمبود، مجله فیزیولوژیکی گیاهان. ۳۳ (۱): ۱۰۵-۱۱۲.

خوشنام، ع. و ممنوعی، ا. ۱۴۰۰. بررسی اثر تنش کم‌آبی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (Carthamus tinctorius L.)در جنوب کرمان. تنش‌های محیطی در علوم زراعی.۱۴ (۱): ۳۹-۴۶.

راشکی، پ.، پیری، ح. و خمری، ع. ۱۳۹۹. تعیین تابع تولید و عمق بهینه آبیاری گیاه دارویی چای ترش در شرایط کم‌آبی و استفاده از کود پتاسیم. مدیریت آب و آبیاری. ۱۰ (۲): ۱۸۹-۲۰۲.

زمانپور سیچانی، م. ۱۳۸۳. بررسی تنش شوری بر برخی خصوصیات گلرنگ در کشت تابستانه در منطقه رودشت اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

شاهرخ‌نیا، م.، خادم حمزه، ح. ۱۴۰۱. بررسی اثر تنش خشکی بر ارقام گلرنگ و ارائه حدود بحرانی تنش بر اساس دمای پوشش سبز گیاه. پژوهش آب ایران. ۱۶ (۳): ۱-۱۲.

فاضلی‌شورکی، س.، یرمی، ن.، سلطانی‌گردفرامرزی، س. و سلطانی‌مهرجردی، ع. ۱۴۰۱. بررسی تبخیر-تعرق، عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گلرنگ پاییزه تحت تنش‌های خشکی و شوری. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۶ (۵): ۱۰۲۶-۱۰۴۳.

فرجام، س.، رخزادی، ا.، محمدی، ه. و قلعه شاخانی، س. ۱۳۹۲. اثر تنش قطع آبیاری و محلولپاشی اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ بهاره. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی.۶ (۲۳): ۹۹ -۱۱۲.

محتشمی، ف.، تدین، م. و روشندل، پ. ۱۳۹۷. ارزیابی تاثیر سطوح کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های گلرنگ. به زراعی کشاورزی. ۲۰(۲): ۵۴۷-۵۶۱.

میدانشاهی، م.، موسوی، س.ف. و مصطفی‌زاده فرد، ب. ۱۳۹۲. تأثیر

کم‌آبیاری به روش PRd به همراه تنظیم کننده رشد بر عملکـرد، اجزای عملکرد و کـارایی مصـرف آب گلرنـگ. تولیـد و فـرآوری محصولات زراعی وباغی. ۸: ۳۷-۵۰.

Achhale, D. 2016. Screening of safflower (Carthamus tinctorius L.) Genotypes for drought tolerance. Thesis Master of Science in agriculture (plant breeding and genetics). Rajmata vijayaraje scindia krishi vishwa vidyalaya, Gwalior College of agriculture, Indore (mp). 75 p

Bassil, E.S. and S.R, Kaffka. 2002. Response of safflower (Carthamus tinectorius L.) to saline soils and irrigation. I. Consumptive water use. Agricultural WaterManagement. 54: 67-80.

Bortolheiro, F. and Silva, M.A. 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water defcit and rehydration. Annals of the Brazilian Academy of Sciences. 89(4): 3051-3066.

Cazzato, E., Ventricelli, P. and Corleto, A. 1997. Effects of date of seeding and supplemental irrigation on hybrid and open-pollinated safflower production in southern Italy. pp. 119-124. 4th International Safflower Conference. Bari, Italy. June 2–7.

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. 103(4):551–560.

Eslam, B.P., Monirifar, H. and Ghassemi, M.T. 2010. Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 34:373–380.

Farhangian Kashani, S. and Monem, R. 2010. Effect of salt stress on seed germination characters of ten St. John's wort (hypericum perforatum l.) genotypes. Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses in Plant Sciences). 2(1): 75-81.

Farooq, S. and Azam, F. 2006. The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. Journal of Plant Physiology. 163(6): 629-637.

Guo, J., Ling, H., Wu, Q., Xu, L. and Que, Y. 2014. The choice of reference genes for assessing gene expression in sugarcane under salinity and drought stresses. Scientific Reports 4. doi:10.1038/srep07042.

Hans-Henning, M., Blackshaw, R.E., Byers, J.R., Huang, H.C., Johnson, D.L., Keon, R., Kubik, J., McKenzie, R., Otto B., Roth, B. and Stanford, K. 2004. Safflower production on the Canadian prairies. Agriculture and Agri-Food Canada. Lethbridge, Alberta. 43p.

Koutroubas, S.D. and Papakosta, D.K. 2010. Seed filling patterns of safflower: genotypic and seasonal variations and association with other agronomic traits. Industrial Crops and Products. 31(1): 71–76.

Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., & Doitsinis, A. 2009. Phenotypic variation in physiological determinants of yield in spring sown safflower under Mediterranean conditions. Field Crops Research. 112(2): 199–204.

Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A. and Di Tommaso, T. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of Carthamus tinctorius L. and Solanum melongena L. Agricultural Water Management. 92(1–2):73–80. http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2007.05.005.

Pasban Eslam, B., Monirifar, H. and Ghassemi, M.T. 2010. Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. Turkish Journal of Agriculture and Foresty. 34(5): 373-380.

Yaron, B. and Frenkel, H. 1994. Water suitability for agriculture. pp. 25-41. In: Tanji, K.K. and Yaron, B. (Eds.). Management of Water Use in Agriculture. Springer Verlag, Berlin.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 17, Aug.-sEP. 2023, p. 401-411

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۷، مرداد - شهریور ۱۴۰۲، ص. ۴۱۱-۴۰۱

The Simultaneous Effects of Salinity and Drought Stresses on the Yield and Yield Components of Safflower (Carthamus tinctorius) under Climatic Conditions of Kashmar

J. Alaei[1*] | M. Mokari[2]| A. Ghaderi[3]

Recived: Jan.04, 2023 Accepted: Feb.10, 2023

ABSTRACT

Salinity and drought stresses is one of the serious problems in producing of agricultural products in many parts of the world, especially in arid and semi-arid regions. Based on this, a pot research was carried out in order to investigate the combined effects of salinity and drought stresses on yield and yield components of safflower in winter 2021 and spring 2022 in Kashmar. A factorial experiment based on completely randomized design with three replications including; two factors of the amount of irrigation water and salinity was carried out. Three levels of irrigation water amount including full irrigation W_0 =100%, W_1 =75% and W_2 = 50% water requirement and four levels of salinity including S_0 = 0.7 (drinking water), S_1 = 4, S_2 = 8 and S_3 =12 dS/m were applied in a sandy loam soil. The variance analysis results showed that salinity and drought stress on seed weight per plant, capitula per plant, seed per capitula, 1000 seed weight, and water productivity were significant at one percent level. The highest simultaneous level of drought and salinity stresses reduced seed weight per plant and water productivity in compared to control treatment by 64.17% and 43.29% respectively. By increasing in salinity and drought stresses simultaneously, seed weight per plant decreased in compared to control treatment 45.19 and 61.1%, respectively. The results also indicated that the salinity threshold of irrigation water for reducing of safflower grain yield was obtained about 4 dS/m under deficit irrigation. In highest level of salinity, changing in irrigation level from W_1 to W_2, reduced water productivity by 27.63 percent. Changing in irrigation level from W_0 to W_1 and W_1 to W_2 was not reduced water productivity significantly under irrigation with non-saline water. Considering of findings in this research, it can be said that W_1S_0 is recommended for the study region.

Keywords: Safflower, Saline threshold, Seed weight per plant, Water productivity

1- Master's degree, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University of Tehran, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Kashmar Higher Education Center, Kashmar, Iran
3- Master's degree, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: javad.alaei1374@gmail.com)