بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

حسین شریفان[۱]، صابر جمالی[۱*] و فراست سجادی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۷)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی کینوا رقم *Sajama* در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده با استفاده از تشت تبخیر کلاس A) و پنج سطح شوری (۰/۵، ۴/۳، ۸، ۱۱/۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. نتایج حاصل نشان داد که اثر کم‌آبیاری بر شاخص سطح برگ، شاخص سبزینگی و محتوای نسبی آب برگ (P<۰/۰۱) و بر طول برگ و عرض برگ (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد. اثر شوری بر شاخص سطح برگ، شاخص سبزینگی، طول برگ، عرض برگ، محتوای نسبی آب برگ و وزن مخصوص برگ (P<۰/۰۱) و بر طول دمبرگ (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد، همچنین اثر متقابل کم‌آبیاری و تنش شوری بر شاخص سبزینگی و محتوای نسبی آب برگ (P<۰/۰۱) و عرض برگ (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که گیاه کینوا به کم‌آبیاری مقاوم است، به‌طوری‌که کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد تبخیر از تشت، شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ را به‌میزان ۲۴/۶ و ۷/۳ درصد کاهش داد. همچنین نتایج حاکی از آن است که گیاه کینوا مقاوم به شوری آب آبیاری بوده، به‌طوری‌که افزایش اختلاط آب دریا به‌میزان ۳۰ درصد با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در تمامی صفات نداشت. از طرفی می‌توان نتیجه گرفت که با اعمال مدیریت مناسب در مزرعه، استقرار این گیاه را درشرایط وجود آب و خاک شور تضمین نمود.

واژه‌های کلیدی: آب دریا، شاخص سطح برگ، شاخص سبزینگی، کم‌آبیاری، محتوای نسبی آب برگ

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
۲. گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: sa13e12@gmail.com

مقدمه

خانواده اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) با ۳۲۱ گونه و بیشترین جنس از جمله خانواده‌هایی است که نسبت به شوری تحمل دارند، به‌طوری‌که گیاه کینوا که گیاهی یک‌ساله و بومی مناطق آمریکای جنوبی و ارتفاعات آند است، از گیاهان زیرخانواده اسفناج و چغندرقند بوده و با وجود ارزش غذایی بالایی که دارد، در شرایطی که اراضی دارای حاصلخیزی کم و یا دارای محدودیت هستند، به‌خوبی قابل کشت بوده و محصول مناسب تولید می‌کند. کینوا گیاهی با ارزش غذایی مطلوب و پتانسیل بالای رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی است. ایران دارای تنوع اقلیمی متنوعی است، به‌عنوان مثال کشت کینوا از نظر تولید به‌ویژه در مناطق جنوبی موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. کینوا از آنجا که گیاهی دارویی و همچنین بدون گلوتن است، غذایی ارزشمند بوده و به سلامت جامعه نیز کمک خواهد کرد (۴). گیاه کینوا از هزاران سال قبل کشت می‌شده و دانه‌های آن به‌عنوان یک منبع غذایی مهم مورد استفاده قرار می‌گرفته است. گیاه کینوا بیشتر در کشورهای آمریکای جنوبی کشت می‌شود، با این وجود در کشورهایی مانند آمریکا (کلرادو و کالیفرنیا)، چین، کشورهای اروپایی، کانادا و هند نیز کشت می‌شود (۲۰، ۲۲ و ۲۳). طالب‌نژاد و سپاسخواه، گیاه کینوا رقم (cv. *Titicaca*, no 5206) را در گلخانه بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز کشت کردند. حداکثر محصول دانه گزارش شده در پژوهش آنها در لایسیمتر، ۳/۱۱ مگاگرم بر هکتار بوده است که به مقادیر محصول دانه در مناطق بومی کینوا نزدیک است. آنها نشان دادند که کینوا در شوری آب ۴۰ دسی زیمنس بر متر نیز می‌تواند مراحل رشد فنولوژی خود را طی کرده و محصول دانه‌ای را برابر ۰/۳۵ مگا گرم بر هکتار تولید کند که از ویژگی‌های منحصر به فرد این گیاه است (۳۲).

جمالی و همکاران (۵) اظهار داشتند که افزایش شوری منجر به کاهش کلروفیل و سطح برگ گیاه کینوا می‌شود، ولی شاخص محتوای نسبی آب برگ در اثر این سطوح افزایش معنی‌داری داشت. افزایش میزان آب آبیاری نیز منجر به افزایش سطح برگ، کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ شد. در آزمایشی دیگر به‌منظور تعیین اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی بر برخی از خواص فیزیولوژیکی چغندر لبویی در شرایط متفاوت رطوبتی، نتایج نشان داد که افزایش آب آبیاری منجر به افزایش کلروفیل برگ و محتوای نسبی آب برگ می‌شود ولی شاخص سطح برگ را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (۶). پژوهشگران در آزمایشی دیگر به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و آب آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی های برگ اسفناج نشان دادند که افزایش آب آبیاری منجر به افزایش طول برگ، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل برگ شد ولی سطح برگ و تعداد برگ کاهش یافت. از طرفی افزایش شوری منجر به کاهش تعداد برگ (به‌جز ۱۰ درصد اختلاط آب دریا و آب شهری)، سطح برگ، طول برگ و محتوای نسبی آب برگ شد ولی بر کلروفیل اثر معنی‌داری نداشت (۸).

سعادتمند و همکاران (۱۱) اظهار داشتند که افزایش سطوح مختلف شوری بر طول و عرض برگ، مساحت برگ، طول دمبرگ و اندازه میوه گیاه دارویی سنجد اثر منفی معنی‌داری داشت و باعث کاهش این صفات شد. در پژوهش صفری محمدیه و همکاران (۱۴) به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.) نتایج نشان داد که سطوح مختلف شوری بر وزن مخصوص برگ اثر معنی‌دار نداشته، ولی افزایش سطوح شوری اثر معنی‌دار منفی بر سطح برگ داشت. در پژوهش لولایی و همکاران (۱۶) به‌منظور بررسی اثر متقابل شوری و کلرید کلسیم بر صفات کیفی و عملکرد توت‌فرنگی نتایج نشان داد که افزایش سطوح مختلف شوری اثر معنی‌دار بر روی طول دمبرگ و تعداد میوه داشت. از طرفی در پژوهش آذری و همکاران (۱) به‌منظور بررسی اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی نتایج نشان داد که افزایش تنش شوری سبب کاهش سطح برگ می‌شود، از زمانی

و همکاران (۱۰) به این نتیجه رسیدند که افزایش شوری اثر منفی معنی‌داری بر سطح برگ در چهار رقم کلزای پاییزه داشت. از طرفی افزایش نشت یونی غشا و کاهش اثرات سوء تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه نبوده بلکه می‌تواند با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی نوع بافت و اندام گیاهی (سیر تکاملی) متفاوت باشد (۲۱). فلاورز و همکاران (۱۸) اظهار داشتند که افزایش سطوح مختلف شوری موجب کاهش سطح برگ و به‌دنبال آن افزایش وزن ویژه برگ می‌شود. تنش شوری مانند بسیاری از تنش‌های غیرزیستی، رشد گیاه را کاهش می‌دهد. کاهش رشد، یک روش سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (۲۹).

پوردهقان و همکاران (۳) به این نتیجه رسیدند که تنش کم‌آبی بر میزان شاخص سبزینگی برگ دو رقم سویا اثر معنی‌دار منفی داشت. در پژوهش زاده‌باقری و همکاران (۹) به‌منظور بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر برخی ویژگی‌های گیاه اطلسی نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری باعث کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ شد و میزان شاخص سبزینگی برگ تا تیمار ۷۵ درصد حد ظرفیت زراعی افزایش یافت و در تنش‌های شدید رطوبتی کاهش یافت. در تحقیقی دیگر اردکانی و همکاران (۲) نشان دادند که رژیم‌های مختلف آبیاری اثر معنی‌دار منفی بر روی طول، عرض برگ و سطح برگ گیاه دارویی بادرنجبویه داشت. حسنی و امیدبیگی (۷) اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر رشد و مقدار شاخص سبزینگی ریحان داشت، به‌طوری‌که با کاهش مقدار آب خاک، شاخص‌هایی چون سطح برگ، سطح ویژه برگ و مقدار شاخص سبزینگی کاهش یافت. آنتولین و همکاران (۱۷) دریافتند که با افزایش تنش خشکی، میزان شاخص سبزینگی برگ کاهش یافت.

از آنجا که توسعه کشت محصولات زراعی و میزان عملکرد آن به آبیاری وابسته است و با توجه به اینکه خشکی از ویژگی‌های بارز کشور ما به‌حساب می‌آید، یکی از راهکارهای مقابله با این مشکلات، اجرای تحقیقات کاربردی در زمینه استفاده از منابع آبی نامتعارف (مثل آب شور دریا) است. بنابراین هدف این تحقیق بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص‌های رویشی این گیاه دارویی ارزشمند و جدید بود.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات رویشی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) رقم *Sajama* پژوهشی برمبنای کشت گلدانی طی زمستان و بهار ۹۵-۱۳۹۴ در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده با استفاده از تشت تبخیر کلاس A) و پنج سطح شوری (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درصد اختلاط آب شور دریا و آب شهری) بودند. پس از پرکردن گلدان‌ها، گلدان‌ها با توجه به تیمارهای تعیین شده، برچسب‌گذاری و به‌صورت کاملاً تصادفی چیده شدند. ازسوی دیگر خصوصیات آب شاهد و خصوصیات آب شور دریای خزر مطابق جدول ۱ نشان داده شده و جدول ۲ نیز مقادیر شوری آب آبیاری حاصل از ترکیبات مختلف آب دریا با آب شهری را نشان می‌دهد.

محیط کشت مورد نیاز برای گیاهان از ترکیب ۳۰ درصد خاک (که قبلاً سرند شده است)، ۳۰ درصد کود دامی پوسیده، ۲۰ درصد کود برگ و ۲۰ درصد پرلیت استفاده شده و گلدان‌ها از مخلوط مورد نظر پر شدند، لازم به ذکر است که در ابتدا در کف گلدان‌ها به‌صورت یکسان مقداری سنگریزه به‌عنوان فیلتر جهت بهبود زهکشی و تهویه قرار داده شد و پنج سانتی‌متر بالای گلدان‌ها برای اعمال آبیاری خالی درنظر گرفته شد و بقیه پر از خاک شدند. بافت خاک مورد استفاده در گلدان‌ها سیلتی-رسی بود، رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی (FC) و

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی تیمارهای آب شاهد و آب دریا مورد استفاده

کیفیت آب	ترکیبات شیمیایی									
	pH	$EC_{۲۵}$ (dS/m)	بی‌کربنات	سولفات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	سدیم	کلر	SAR
			(meq/L)							
آب شاهد	۷	۰/۵	۷	۰/۷	۲/۸	۴/۴	۰/۴۸	۰/۲۷	۱	۰/۱۴
آب شور	۸	۲۵/۴	۳۱/۵	۲۴/۵	۶۱/۷۱	۲۵/۲	۸/۲۱	۲۳۷/۹	۲۲۱	۳۶

جدول ۲. مقادیر شوری آب آبیاری حاصل از ترکیبات مختلف آب دریا با آب شهری (دسی‌زیمنس بر متر)

درصد ترکیب آب دریای خزر با آب شهری	صفر	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰
	(درصد)				
شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۵۰	۴/۳	۸/۰	۱۱/۸	۱۵/۵
سطح شوری آب آبیاری	$S_۱$	$S_۲$	$S_۳$	$S_۴$	$S_۵$

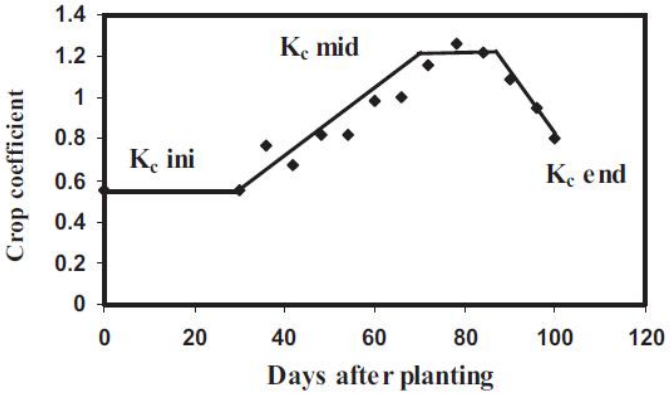
پژمردگی دائم (PWP) به‌ترتیب برابر ۳۶ درصد و ۱۷ درصد وزنی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع و pH خاک نیز به ترتیب برابر ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۷/۵۳ تعیین شدند. جهت تعیین مقدار آب مورد نیاز از تشت تبخیر کلاس A استفاده شد و تیمارهای آبی براساس آن اعمال شدند. نیاز آبی براساس مقدار تجمعی آب تبخیر شده از تشت تبخیر، پس از اعمال ضریب تشت محاسبه شده از روش پیشنهاد شده در نشریه فائو ۵۶ با توجه به موقعیت استقرار آن در محل (به‌طور میانگین ۰/۷) تعیین شد (۳۶). دور آبیاری در این طرح با توجه به نیاز آبی گیاه هفت روز در میان در نظر گرفته شد. هم‌چنین براساس بررسی‌های انجام شده (۳۲) ضریب گیاهی برای کینوا تعیین و در محاسبه نیاز آبی مدنظر قرار گرفت (شکل ۱). مقدار نیاز آبی از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$ET_a = K_c \times K_p \times (E_{pan}) \qquad [۱]$$

ETa: میلی‌متر بر روز (تبخیر تعرق روزانه)، Kp: ضریب تشت، Epan: تبخیر از سطح تشت (میلی‌متر در روز)، K_c: ضریب گیاهی

پس از برداشت برگ‌ها، پارامترهایی نظیر شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، شاخص سبزینگی، طول و پهنه برگ، طول دمبرگ و وزن مخصوص برگ اندازه‌گیری شدند (شکل ۲).

بعد از برداشت برگ‌ها اقدام به اندازه‌گیری سطح برگ برای هر بوته شد. بدین ترتیب که هرکدام از برگچه‌ها به‌طور مجزا از زیر دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (ΔT- Leaf Area Meter) عبور داده شد و برای هر بوته تعداد برگچه و میانگین سطح برگ ثبت شد. برای اندازه‌گیری شاخص سبزینگی از دستگاه SPAD502 شرکت Spectrum آمریکا استفاده شد. جهت اندازه‌گیری طول و پهنه برگ و طول دمبرگ از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۱ میلی‌متر استفاده شد و به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از روش وسرلی (۳۵) استفاده شد. بدین منظور از هر تیمار یک برگ بالغ و کاملاً توسعه‌یافته در مرحله شروع سنبله‌دهی کینوا انتخاب کرده و پس از جدا کردن از ساقه، برگ‌ها داخل فویل آلومینیومی پیچیده شده و بلافاصله داخل فلاسک یخ به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آنها با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن آماس، برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در آب مقطر (پتری‌دیش حاوی ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به دور از نور قرار گرفته و سپس وزن شدند (وزن آماس)، سپس برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت با استفاده از رابطه (۲) محتوای آب نسبی برگ براساس درصد محاسبه شد.



شکل ۱. ضریب گیاهی Kc مربوط به گیاه کینوا در شرایط گلخانه‌ای (۳۲)

شکل ۲. الف) اندازه گیری شاخص سطح برگ، ب) شاخص سبزینگی‌متر و ج) کولیس دیجیتالی

وزن مخصوص برگ نیز از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$\text{محتوای نسبی آب برگ} = \frac{\text{(وزن برگ تازه)} - \text{(وزن برگ خشک شده)}}{\text{(وزن برگ آماس شده)} - \text{(وزن برگ خشک شده)}} \times ۱۰۰ \quad [۲]$$

$$\text{وزن مخصوص برگ} = \frac{\text{(وزن خشک برگ)}}{\text{(سطح برگ)}} \quad [۳]$$

در پایان بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر اصلی آبیاری و سطوح مختلف شوری بر روی شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه آماری میانگین نتایج به‌دست آمده نشان داد که سطح اول آبیاری یعنی آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، بالاترین شاخص سطح برگ (۲۴/۹) را تولید نمود، به‌طوری‌که با سطح دوم آبیاری (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) آبیاری تفاوت معنی‌داری از این نظر دیده نشد (جدول ۴). بررسی اثر اصلی سطوح شوری بر این صفت نشان داد که تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری بیشترین میزان شاخص سطح برگ با ۲۵/۷ را نشان داد، به‌طوری‌که با شاهد و اختلاط ۳۰ درصد آب دریا با آب شهری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

روند کاهش سطح برگ نیز با روند کاهش عملکرد در اثر تشدید کمبود آب مطابقت دارد. کاهش آب منجر به کاهش جذب عناصر می‌شود و از این طریق نیز رشد برگ‌ها کاهش

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		شاخص سطح برگ	شاخص سبزینگی	طول برگ	عرض برگ	طول دمبرگ	محتوای نسبی آب برگ	وزن مخصوص برگ
شوری	۴	۱۶۱/۱۱**	۱۲۷/۷۱**	۳/۳۹**	۱/۲۸**	۰/۷۱*	۳۷۱/۶۴**	۰/۰۰۰۰۶۶**
کم‌آبیاری	۲	۱۷۹/۲۲**	۸۶/۸۴**	۲/۵۱*	۱/۲۱*	۰/۲۵ns	۲۲۹/۰۸**	۰/۰۰۰۰۰۰۱ns
شوری × کم‌آبیاری	۸	۴۹/۳ns	۱۶/۹۴**	۰/۵۱ns	۰/۸۷*	۰/۳۵ns	۲۲۲/۳۹**	۰/۰۰۰۰۰۵ns
خطا	۳۰	۲۷/۴۲	۳/۵۳	۰/۶۲	۰/۳۱	۰/۲۲	۱۱/۸	۰/۰۰۰۰۰۸
ضریب تغییرات		۲۳/۰۱	۴/۰۸	۱۴/۱۱	۱۱/۶۳	۱۳/۸۶	۴/۱۹	۱۹/۸

**: معنی‌داری در سطح یک درصد، *: معنی‌داری در سطح پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده عامل سطوح مختلف شوری و رژیم‌های مختلف آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی کینوا

ترکیبات تیماری	شاخص سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	طول برگ (سانتی‌متر)	طول دمبرگ (سانتی‌متر)	وزن مخصوص برگ (گرم بر سانتی‌متر مربع)
شاهد	۲۳/۰۹ab	۵/۹۴a	۳/۴۲a	۰/۰۰۹b
۱۵ درصد اختلاط آب دریا	۲۷/۷۵a	۶/۱۳a	۳/۶۲a	۰/۰۰۵c
۳۰ درصد اختلاط آب دریا	۲۵/۹۸a	۵/۹۲a	۳/۶۳a	۰/۰۰۷bc
۴۵ درصد اختلاط آب دریا	۱۹/۲۱bc	۴/۸۸b	۳/۴۱a	۰/۰۰۸bc
۶۰ درصد اختلاط آب دریا	۱۷/۷۲c	۴/۸۸b	۲/۹۳b	۰/۰۱۳a
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۲۴/۸۸a	۵/۸۹a	۳/۳۹a	۰/۰۰۸۲a
۷۵ درصد نیاز آبی	۲۴/۶۱a	۵/۶۷ab	۳/۵۳a	۰/۰۰۸۳a
۵۰ درصد نیاز آبی	۱۸/۷۶b	۵/۱۰b	۳/۲۷a	۰/۰۰۸۴a

هر مقدار بیانگر میانگین سه تکرار است و اعداد با حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) نیستند.

می‌یابد بنابراین با کاهش سطح برگ، سطح تعرق گیاه نیز کاهش می‌یابد و این اولین مکانیسم گیاه برای مقابله با خشکی محسوب می‌شود (۳۰). در شرایط تنش، گیاه با کاهش سطح برگ، از سطح اندام تعرق کننده می‌کاهد و به همین دلیل سطح برگ در این شرایط کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر، نتایج نشان داد که یکی از اثرات تنش شوری در گیاه جلوگیری از جذب آب و ایجاد تنش خشکی است. به همین دلیل پتانسیل آب کافی جهت آماس سلول و توسعه برگ وجود نخواهد داشت (۲۴). کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی به‌علت کم شدن آماس سلولی بیان کرد (۳۴). تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز می‌شود (۱). نتایج این تحقیق نشان داد که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش سطح برگ شده که با نتایج ذکر شده قبلی مطابقت داشت. سلطانی سیاه‌پیشه و همکاران (۱۲) اظهار داشتند با افزایش میزان شوری، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، شاخص شاخص سبزینگی برگ‌های

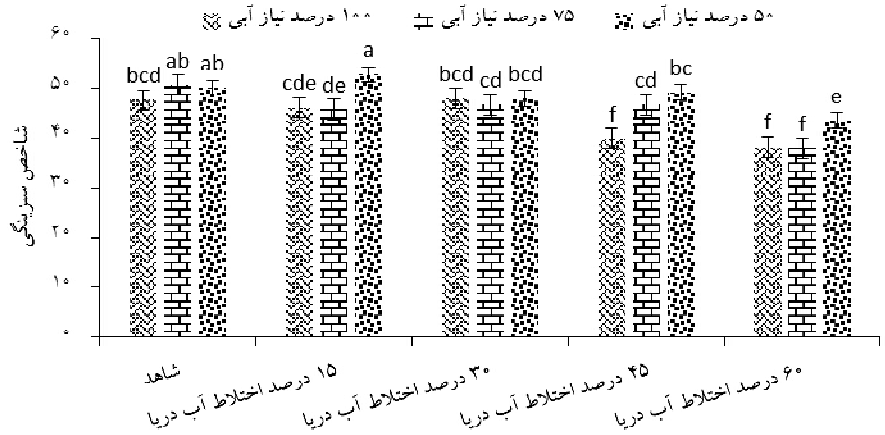
گیاه ذرت به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند، به‌طوری‌که نتایج حاصل از این تحقیق با نتیجه ایشان مطابقت داشت. از طرفی در تیمارهای ۱۵ و ۳۰ درصد اختلاط آب دریا، استفاده از آب دریا به‌عنوان کوددهی عمل کرده و در تیمارهای دیگر اختلاطی فراهمی عناصر افزایش یافته که می‌تواند منجر به سمیت و عدم تعادل یونی شود.

شاخص سبزینگی برگ

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر اصلی آبیاری و سطوح مختلف شوری بر روی شاخص سبزینگی برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، همچنین برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بررسی اثر برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری بر این صفت نشان داد که تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری + ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، بیشترین میزان شاخص سبزینگی برگ با ۵۲/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر را نشان داد و کمترین میزان شاخص سبزینگی برگ را تیمار ۶۰ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری + ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه با ۳۷/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نشان داد (شکل ۳). نتایج این تحقیق نشان داد که تنش ناشی از کمبود آب، سبب افزایش میزان شاخص سبزینگی شد که با نتایج تحقیق اوپادیایا و همکاران (۳۳) مطابقت نداشت ولی با نتایج تحقیقات صالحی و همکاران (۱۳) بر روی گندم مطابقت داشت، از طرفی در شرایط تنش خشکی به‌دلیل کاهش سطح برگ، تجمع شاخص سبزینگی افزایش می‌یابد اما به‌علت تعرق بالا گیاه آب بیشتری از دست می‌دهد و در نتیجه محتوای آب نسبی و فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد. کاهش اندام هوایی و سطح برگ می‌تواند باعث کاهش شاخص سبزینگی برگ شود. از طرفی در پژوهشی دیگر به‌نظر می‌رسد که افزایش میزان کلروفیل در اثر تنش شوری به‌دلیل افزایش وزن مخصوص برگ است و وقوع تنش میزان سطح برگ را کاهش می‌دهد که ناشی از کاهش اندازه سلول است، بنابراین در طی بروز تنش به‌دلیل وجود سلول‌های بیشتر در واحد وزن برگ، میزان کلروفیل نیز افزایش می‌یابد (۲۶).

طول برگ

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر اصلی آبیاری بر روی طول برگ در سطح احتمال یک درصد و سطوح مختلف شوری بر روی طول برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه آماری میانگین نتایج به‌دست آمده نشان داد که سطح اول آبیاری یعنی آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، بیشترین طول برگ (۵/۸۹ سانتی‌متر) را تولید کرد، به‌طوری‌که با سطح دوم آبیاری (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) آبیاری تفاوت معنی‌داری از این نظر دیده نشد (جدول ۴). بررسی اثر اصلی سطوح شوری بر این صفت نشان داد که تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری بیشترین میزان طول برگ با ۶/۱۳ سانتی‌متر را نشان داد، به‌طوری‌که با شاهد و اختلاط ۳۰ درصد آب دریا با آب شهری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). همان‌طوری که نتایج این بررسی نشان داد، تنش خشکی بر طول و عرض برگ و به‌تبع آن سطح برگ اثر کاهشی داشته که در راستای کاهش سطح تبخیرکننده گیاه بوده است، به‌طوری‌که نتایج نشان داد که تنش ناشی از کمبود آب، سبب کاهش طول برگ شده که با نتایج اردکانی و همکاران (۲) مطابقت داشته است. کمال‌نژاد و همکاران (۱۵) اظهار داشتند که با افزایش کلرید سدیم طول و عرض برگ گیاه جو افزایش می‌یابد ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری سبب کاهش طول برگ شده است، به‌طوری‌که با نتایج کمال‌نژاد و همکاران (۱۵) مطابقت نداشت. کینوا از گیاهان مقاوم به شوری است و می‌تواند مقادیر زیادی یون Cl^- و Na^+ را در خود انباشته کند. تحقیقات نشان داده است که در گیاه چغندرقند و اسفناج که هر دو سدیم دوست هستند، یون سدیم باعث رونق و توسعه سلول و رشد گیاه می‌شود (۲۸)، به‌طوری‌که افزایش



شکل ۳. اثر برهمکنش سطوح مختلف شوری و رژیم‌های آبیاری بر میزان شاخص سبزینگی برگ.
a و b حروف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد است.

شوری حاصل از اختلاط آب دریا و آب شهری به‌میزان ۳۰ درصد با آب شهری باعث اختلاف معنی‌دار در این صفت نشد و این بیانگر استفاده گیاه کینوا از سدیم برای رشد بهتر است.

عرض برگ

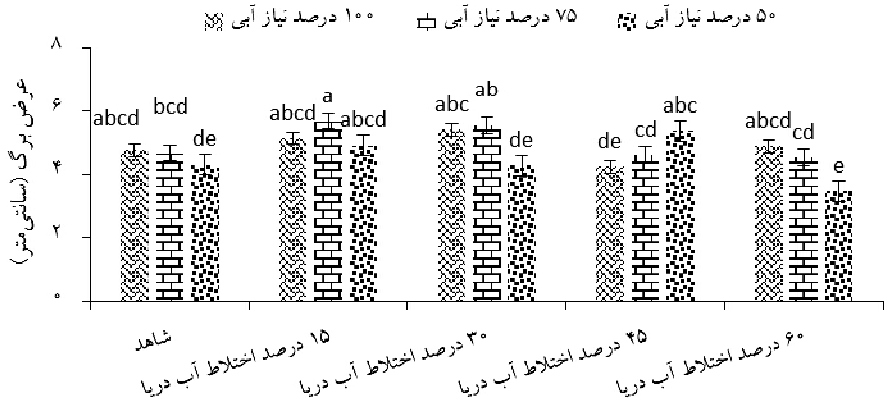
نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر اصلی آبیاری و سطوح مختلف شوری بر روی عرض برگ به‌ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد معنی‌دار بود، همچنین برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بررسی اثر برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری بر این صفت نشان داد که تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری + ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه بیشترین میزان عرض برگ با ۵/۶۷ سانتی‌متر را نشان داد و کمترین میزان عرض برگ را تیمار ۶۰ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری + ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با ۳/۴۷ سانتی‌متر را نشان داد (شکل ۴). نتایج نشان داد که تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش طول برگ شده که با نتایج اردکانی و همکاران (۲) مطابقت داشته است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری سبب کاهش طول برگ شده به‌طوری‌که با نتایج سعادتمند و همکاران (۱۱) مطابقت داشت. مصرف شوری تا ۴۵ درصد اختلاط آب شور دریا و آب شهری در شرایط آزمایش گلخانه‌ای باعث کاهش غیرمعنی‌دار عرض برگ، می‌شود و این گویای آن است که مقدار شوری اضافه شده به این گیاهان در حد تنش نبوده است و گیاه از سدیم برای رشد بهتر استفاده کرده است.

طول دمبرگ

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر اصلی سطوح مختلف شوری بر روی طول دمبرگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی اثر اصلی سطوح شوری بر این صفت نشان داد که تیمار ۳۰ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری، بیشترین میزان طول دمبرگ با ۳/۶۳ سانتی‌متر را نشان داد، به‌طوری‌که بین شاهد تا اختلاط ۴۵ درصد آب دریا با آب شهری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری سبب کاهش طول دمبرگ شده است و با نتایج لولایی و همکاران (۱۶) مطابقت داشت.

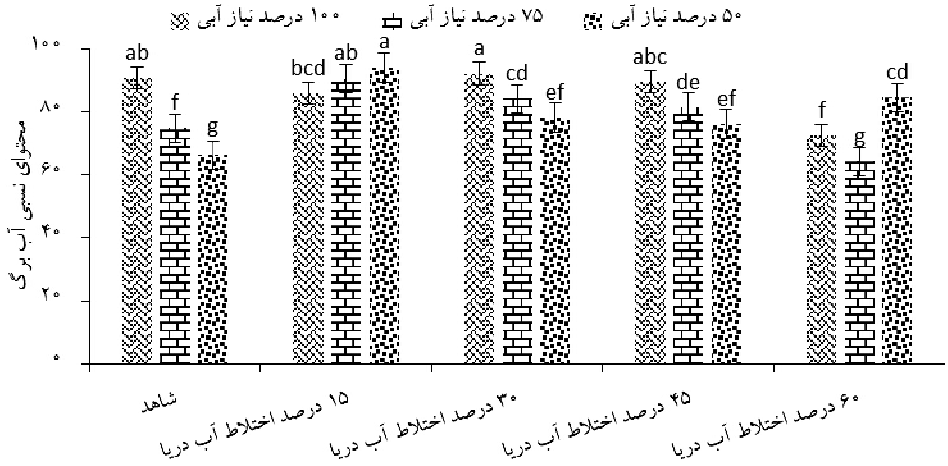
محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر اصلی آبیاری و سطوح مختلف شوری بر روی محتوای نسبی آب برگ



شکل ۴. اثر برهمکنش سطوح مختلف شوری و رژیم‌های آبیاری بر عرض برگ.

a و b حروف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد است.



شکل ۵. اثر برهمکنش سطوح مختلف شوری و رژیم‌های آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ.

a و b حروف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد است.

در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، همچنین برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بررسی اثر برهمکنش رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شوری بر این صفت نشان داد که تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری + ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ با ۹۴/۳ درصد را نشان داد و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ را تیمار ۶۰ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری + ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با ۶۴/۳ درصد را نشان داد (شکل ۵).

محتوای رطوبت نسبی (RWC) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص های بیلان آبی گیاه، نقش مهمی در تنظیم هدایت روزنه و در نتیجه سرعت فتوسنتزی گیاه دارد (۲۵). طبق گزارش پاک‌نژاد و همکاران (۲۷) اولین تأثیر تنش خشکی، کاهش محتوای آب نسبی برگ و بسته‌شدن روزنه‌ها است که از طریق اختلال در سیستم ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان

عملکرد می‌شود. محتوای نسبی آب شاخص مناسبی از وضعیت آن برگ‌ها می‌باشد، به‌طوری‌که درصورت پیشرفت تنش خشکی کاهش یافته و سبب تغییرهایی در غشای سلولی و در نتیجه افزایش نشت الکترولیتی از سلول می‌شود (۱۹). سینکلر و لودلو (۳۱) مقدار مناسب محتوای نسبی آب برگ برای گیاهان را معادل ۸۵ تا ۹۵ درصد بیان کردند، به عقیده آنها در این حالت جذب آب توسط ریشه با میزان تلفات آب به‌وسیله تعرق برابری می‌کند. بنابراین گیاه می‌تواند کارآیی طبیعی خود را ادامه دهد.

وزن مخصوص برگ

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر اصلی سطوح مختلف شوری بر روی وزن مخصوص برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی اثر اصلی سطوح شوری بر این صفت نشان داد که تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا با آب شهری بیشترین میزان وزن مخصوص برگ با ۰/۰۱ گرم بر سانتی‌متر مربع را نشان داد (جدول ۴). یکی از سازوکارهای گیاه جهت اجتناب از تنش را می‌توان افزایش وزن مخصوص برگ دانست (۱۸). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش شوری سبب افزایش وزن مخصوص برگ شده، به‌طوری‌که با نتایج صفری محمدیه و همکاران (۱۴) مطابقت نداشت.

نتیجه‌گیری

اثر شوری بر سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، طول و پهنه برگ، طول دمبرگ، شاخص سبزینگی برگ و وزن مخصوص برگ در گیاه کینوا رقم *Sajama* معنی‌دار شد و باعث کاهش این صفات (به‌جز وزن مخصوص برگ) شد. اثر کم‌آبیاری بر سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، طول و پهنه برگ و شاخص سبزینگی برگ در گیاه کینوا رقم *Sajama* معنی‌دار شد و بر وزن مخصوص برگ و طول دمبرگ این گیاه تأثیری نداشت. نتایج نشان داد که گیاه کینوا به کم‌آبیاری مقاوم است، به‌طوری‌که کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد تبخیر از تشت، شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ را به‌میزان ۲۴/۶ و ۷/۳ درصد کاهش داد. همچنین نتایج حاکی از آن است که گیاه کینوا مقاوم به شوری آب آبیاری بوده، به‌طوری‌که افزایش اختلاط آب دریا به‌میزان ۳۰ درصد با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در تمامی صفات نداشت، از طرفی می‌توان نتیجه گرفت که با اعمال مدیریت مناسب در مزرعه، استقرار این گیاه را در شرایط وجود آب و خاک شور تضمین کرد. از نتایج این‌گونه استنباط می‌شود که افزایش تنش خشکی منجر به افزایش اثرات زیانبار تنش شوری بر روی گیاه شده است. از طرفی با توجه به نتایج مذکور تیمار ۳۰ درصد اختلاط آب دریا و آب شهری و ۷۵ درصد نیاز آبی جهت آبیاری گیاه کینوا توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. آذری، آ.، س .ع .م. مدرس ثانوی، ح. عسکری، ف. قناتی، ا .م. ناجی و ب. علیزاده. ۱۳۹۱. اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus and B. rapa*). *علوم زراعی ایران* ۱۴(۲): ۱۳۵-۱۲۱.

۲. اردکانی، م. ر.، ب. عباس‌زاده، ا. شریفی عاشورآبادی، م. ح. لباسچی و ف. پاک‌نژاد. ۱۳۸۶. بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis L.*). *فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران* ۲۳(۲): ۲۶۱-۲۵۱.

۳. پوردهقان، م.، س. ع. م. مدرس ثانوی، ف. قناتی و س. کرمی. ۱۳۹۳. ارزیابی تأثیر هگزاکونازول بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک تحمل به کم‌آبی در دو رقم سویا. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی* ۱(۲۱): ۱۹۸-۱۸۳.

۴. جمالی، ص.، ح. شریفان، ا. هزارجریبی و ن. ع. سپهوند. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و شاخص‌های

رشد دو رقم گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*). *نشریه حفاظت منابع آب و خاک* ۶(۱): ۹۸-۸۷.

۵. جمالی، ص.، ف. سجادی و ح. شریفان. ۱۳۹۵- الف. تأثیر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) در شرایط متفاوت رطوبتی. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. ایران.

۶. جمالی، ص.، ف. سجادی و ح. شریفان. ۱۳۹۵- ب. تعیین اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی بر برخی از خواص فیزیولوژیکی چغندر لبویی در شرایط متفاوت رطوبتی. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. ایران.

۷. حسنی، ع. و ر. امیدبیگی. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. *مجله دانش کشاورزی* ۱۲(۳): ۵۹-۴۷.

۸. رجبی، ع.، ح. شریفان، م. حسام و م. ذاکری‌نیا. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و آب آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های برگ اسفناج. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. ایران.

۹. زاده باقری، م.، ف. آل بوعلی، ح. صادقی و ش. جوانمردی. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر کم آبیاری بر تغییرات یونی، محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین و برخی ویژگی‌های ظاهری گیاه اطلسی. *نشریه علوم باغبانی* ۲۸(۳): ۳۵۹-۳۴۷.

۱۰. زمانی، ص.ع.، م. ط. نظامی، د. حبیبی و ا. بابیوردی. ۱۳۸۸. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزای پاییزه در شرایط تنش شوری. *مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی* ۱(۱): ۸۳-۶۹.

۱۱. سعادتمند، ل.، م. ل. قربانلی و م. نیاکان. ۱۳۹۴. بررسی برخی صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه دارویی سنجد (*Elaeagnus angustifolia L.*) در ۴ رویشگاه مختلف استان خراسان رضوی. *فیزیولوژی محیطی گیاهی* ۱۰(۳۷): ۳۰-۲۱.

۱۲. سلطانی سیاه پوش، س.، ک. هاشمی مجد، ن. ا. نجفی و م. عقیقی شاهوردی. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف فسفر بر ویژگی‌های رشدی گیاه ذرت در خاک‌های شور منطقه اردبیل. *مجله پژوهش‌های به‌زراعی* ۳(۶): ۱۸۶-۱۷۵.

۱۳. صالحی، م. ۱۳۸۱. اثر افزایش CO_2 و تنش‌های شوری، خشکی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گندم بهاره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد، ایران.

۱۴. صفری محمدیه، ز.، م. مقدم، ب. عابدی و ل. سمیعی.۱۳۹۳. تأثیر تنش شوری بر برخی پارامترهای عملکردی و خصوصیات مورفولوژیک گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata L.*) در شرایط هیدروپونیک. *مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای* ۲۳: ۱۰۶-۹۷.

۱۵. کمال‌نژاد، ج. ا.، ص. فرهی آشتیانی و ف. قناتی. ۱۳۸۵. بررسی اثرات شوری و پتاسیم بر میزان رشد رویشی و زایشی در دو رقم جو ریحان و افضل. *نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم* ۶(۱): ۶۹۶-۶۸۵.

۱۶. لولایی، ا.، س. سماوات و ش. حبیبی. ۱۳۹۲. بررسی اثر متقابل شوری و کلرید کلسیم بر صفات کیفی و عملکرد توت‌فرنگی رقم گامروسا. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی* ۲۹: ۴۶-۳۸.

17. Antolin, M. C., J. Yoller and M. Sanchez- Diaz. 1995. Effect of temporary drought on nitrate–fed and nitrogen–fixing alfalfa plants. *Plant Science* 107: 159-165.
18. Flowers, T. J., P. F. Torke and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28: 89-121.
19. Fu, J., J. Fry and B. Huang. 2004. Minimum water requirements of four turfgrasses in the transition zone. *Horticultural Science* 39: 1740-1744.
20. Hariadi, Y., K. Marandon, Y. Tian, S. E. Jacobsen and S. Shabala. 2011. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of Experimental Botany* 62(1): 185-

193.
21. Hussain, M. K. and O. U. Rehman. 1997. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) germplasm for salt tolerance at the shoot stage. *Helia* 20: 69-78.
22. Jacobsen, S. E., F. Liu, C. R. Jensen. 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Horticulturae* 122, 281_287.
23. Koyro, H. and S. Eisa. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant Soil* 302: 79–90.
24. Leid, E. O. and J. F. Salz. 1997. Is salinity tolerance related to Na accumulation in upland cotton (*Gossypium hirstum* L.) seedling. *Plant and Soil* 190: 67-75.
25. Mitchell, R. A., V. J. Mitchell and D. W. Lawlor. 2001. Response of wheat canopy CO_2 and water gas exchange to soil water content under ambient and elevated CO_2. *Global Change Biology* 7: 599-611.
26. Nonami, H. and J. S. Boyer. 1990. Primary events regulating stem growth at low water potentials. *Plant Physiology* 94: 1601-1609.
27. Paknejad, F., E. Majidi heravan, Q. Noor mohammadi, A. Siyadat and S. Vazan. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 5: 162-169.
28. F.Perz-Alfocea, F., M. E. Balibrea, A. Sanata-Cruz and M. T. Eston. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybride. *Plant Soil* 180: 251-257.
29. Prasad, A., M. Anwar, D. D. Patra and D. V.Singh. 1996. Tolerance of mint plants to soil salinity. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 44(1): 184-186.
30. Shao, H. B., L. Y.Chu, C. A. Jaleel and C. X. Zhao. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Current Research in Biologies* 331(3): 215-225.
31. Sinclair, T. R. and M. M. Ludlow. 1985. Who taught plants thermodynamics the unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology* 12:213-217.
32. Talebnejad, R. and A. R. Sepaskhah. 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. *Agriculture Water Management* 148, 177-188
33. Upadhyaya, H., M. H. Khan and S. K. Panda. 2007. Hydrogen peroxide induces oxidative stress in detached leaves of *Oryza sativa* L. Gen. *Applied Plant Physiology* 33(1-2): 83-95.
34. Volkmar, K. M., H. Hu and H. Stephun. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. *Journal of Plant Science* 78: 19-27.
35. Weatherely, P. E. 1950. Studies in water relation on cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. *New Phytologist* 49: 81- 87.
36. Yuan, B. Z., Y. Kang and S. Nishiyama. 2001. Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhouse. *Irrigation Science* 20: 149 – 154.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 2, Summer 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Investigation the Effect of Different Salinity Levels on the Morphological Parameters of Quinoa *(Chenopodium quinoa Willd.)* under Different Irrigation Regimes

H. Sharifan[1], S. Jamali[1]* and F. Sajadi[2]

(Received: December 2-2016 ; Accepted: May 17-2017)

Abstract

In order to study the effects of different irrigation regimes and different levels of salinity on the growth parameters of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*.), this experiment was performed in the research green house of Water Engineering Department, at f Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, during 2016. The experimental design was a factorial with n a randomized complete design in three replications. Treatments included three irrigation levels (100, 75 and 50 percent of water requirements calculated by the evaporation pan class A) and five salinity levels (0.5, 4.3, 8, 11.8, 16 dSm^{-1}). The results showed that the effect of irrigation on the Leaf area index, chlorophylls and RWC ($P<0.01$) and Leaf length, and width ($P<0.05$) was significant. The effect of salinity levels on the Leaf area index, chlorophylls, Leaf length and width, RWC, Specific leaf weight ($P<0.01$) and Leaf petiole length ($P<0.05$) was significant too. The interaction between irrigation and salinity levels on chlorophylls and RWC ($P<0.01$) and Leaf width ($P<0.05$) was significant as well. According to the results, Quinoa had a good tolerance to the elevated levels of deficit irrigation. Decreasing the irrigation levels from 100 to 50 percent of pan evaporation resulted in the reduction of the Leaf area index and RWC to 24.6 and 7.3 percent, respectively. The result also showed that Quinoa had a good tolerance to the elevated levels of salinity, the mixing sea water, and tap water at rate of 30 percent, with control treatment having no significance for all of the parameters. It seems that good stand establishment in the saline soils and water conditions could be insured if proper management is applied in the farms.

Keywords: Chlorophylls; Deficit irrigation; Leaf Area Index; RWC; Seawater

1. Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Department of Water Engineering, Faculty of Soil and Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: sa13e12@gmail.com