Arch

مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۶۳-۸۱
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18372.3397

بررسی تأثیر آبیاری با اختلاط آب دریای خزر و چاه بر عملکرد کینوا رقم Sajama در شرایط گلخانه‌ای

خلیل قربانی*[1] و صابر جمالی[2]

[1] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[2] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۴

چکیده

سابقه و هدف: گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) گیاهی از خانواده *Amaranthaceae* است که حداقل ۵۰۰۰ سال قبل در ارتفاعات بولیوی و پرو کشت شده و اهلی شده است. کینوا گیاهی با ارزش غذایی مطلوب و پتانسیل رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی است که در برابر شوری بالایی دارد. استفاده از آب دریا در کشاورزی موجب افزایش درامد کشاورزان، تولید پایدار و امنیت غذایی می‌شود؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر مدیریت‌های اختلاطی آب دریا با آب شهری بر خواص رشدی گیاه کینوا رقم Sajama انجام شد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تقلیل شوری آب دریا بر رشد و عملکرد گیاه کینوا رقم Sajama، پژوهش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و بر پایه کشت گلدانی در شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای مورداستفاده در این پژوهش شامل ۵ سطح شوری (آب چاه (۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر S_1)، ۱۵ (۴/۳ دسی‌زیمنس بر متر S_2)، ۳۰ (۸/۰ دسی‌زیمنس بر متر S_3)، ۴۵ (۱۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر S_4) و ۶۰ درصد اختلاط آب دریا و آب چاه (۱۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر S_5)) بود. پس از رسیدن گیاهان به مرحله شش برگی، ۵ تیمار آب‌شور بر روی گیاهان اعمال شد (S_1، S_2، S_3، S_4 و S_5) و گیاهان با آن آبیاری شدند. تنش شوری در ابتدا با آبیاری با آب‌شور حاصل از اختلاط ۱۵ درصدی آب دریا و چاه در گلدان‌ها اعمال شده و به‌صورت تدریجی شوری آب آبیاری تا رسیدن به تیمارهای موردبررسی افزایش یافت. پس از ۸۵ روز از جوانه‌زنی گیاهان برداشت شده و ارتفاع بوته؛ وزن تر ساقه، برگ و سنبله؛ عملکرد دانه و سنبله؛ وزن هزاردانه، تعداد شاخه فرعی و سنبله اندازه‌گیری شد. اندام‌های هوایی به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و پس‌ازآن بیومس اندام هوایی اندازه‌گیری شد. برای وزن هزار دانه و عملکرد دانه، دانه‌ها از سنبله جدا شده و توزین شدند.

* مسئول مکاتبه: ghorbani.khalil@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مدیریت‌های آبیاری بر وزن تر ساقه، سنبله و برگ، عملکرد دانه و سنبله، وزن هزاردانه و ارتفاع در سطح یک درصد معنی‌دار شده، ولی بر تعداد سنبله و شاخه فرعی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان وزن هزاردانه، عملکرد دانه و سنبله به ترتیب در تیمار شاهد با ٤/٨، ۱۵/۹۳ و ۱۸/۵۲ گرم در بوته بود. نتایج نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری منجر به کاهش برخی صفات رشد و عملکرد گیاه کینوا مانند وزن تر ساقه، برگ و سنبله، عملکرد دانه و سنبله، وزن هزاردانه، تعداد شاخه فرعی و سنبله شده است. با توجه به این‌که در اکثر صفات آبیاری با اختلاط ۱۵ و ۳۰ درصد آب دریا و آب شهری نسبت به تیمارهای دیگر منجر به افت کم‌تر شده، بنابراین این تیمار جهت آبیاری گیاه کینوا در شرایط آبیاری با آب‌شور دریای خزر توصیه می‌شود. تیمار ۱۵ و ۳۰ درصدی اختلاط آب دریا و آب شهری به ترتیب منجر به کاهش ۲۲/۹ و ۲۷/۱ درصدی وزن هزاردانه شد.

نتیجه‌گیری: آبیاری با آب‌شور منجر به کاهش در رشد و عملکرد گیاه کینوا در مقایسه با آبیاری با آب چاه گردید، به‌عبارت‌دیگر تنش شوری منجر به کاهش خصوصیات مورفولوژیکی و عملکردی گیاه شد. بیش‌ترین مقدار در اکثر صفات موردبررسی در شرایط استفاده از آب‌شور در اعمال آبیاری با آب‌شور ٤/٣ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده است و نتایج نشان از مقاومت بالای کینوا در برابر تنش شوری دارد.

واژه‌های کلیدی: آب دریا، رژیم اختلاطی، رقم Sajama، شرایط گلخانه‌ای، کینوا، وزن هزاردانه

مقدمه

یکی از علل کاهش رشد و عملکرد محصول در زمین‌های کشاورزی تنش‌ها بوده که شوری و خشکی ازجمله زیان‌بارترین این تنش‌هاست، که با ایجاد استرس اسمزی و سمیت یونی منجر به کاهش رشد و عقب‌ماندگی در گیاهان می‌شود (٤٤، ۵۳ و ۵۵). شوری باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب بسیاری از محصولات کشاورزی در سراسر جهان شده است (٤٣)، به‌طوری‌که در سطوح مختلف شوری آسیب‌دیدگی گیاه متفاوت است و بسته به میزان شوری می‌تواند باعث کاهش عملکرد تا مرگ گیاه شود. در طی بروز تنش شوری علاوه بر کاهش جذب آب، تجمع برخی یون‌ها در بافت گیاهان می‌تواند منجر به ایجاد سمیت و یا عدم تعادل یونی شود (۱۹).

بکر و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی اثر شوری بر فتوسنتز و رشد گیاه کینوا را موردبررسی قرار داده و نشان دادند که آبیاری با آب‌شور منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه شده و این کاهش در شرایط تنش دمایی تشدید یافته ولی بین آبیاری با آب شهری در هر دو دما تفاوتی در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد (۵). در پژوهشی دیگر نتایج نشان داد که افزودن بیوچار اسیدی و کمپوست اسیدی منجر به بهبود صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه کینوا در شرایط شوری می‌شود. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن بیوچار اسیدی و کمپوست اسیدی به خاک سبب افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در دانه‌های کینوا می‌شود (۳۸). فیشر و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور بررسی اثر شوری بر آنتی‌اکسیدان دانه، و پروتئین دانه، جوانه‌زنی بذر و خواص رشدی گیاه کینوا پژوهشی انجام داده و نتایج حاصل از پژوهش ایشان نشان داد که افزایش شوری منجر به کاهش تمامی صفات موردبررسی می‌شود (۱۳). در پژوهش‌های دیگری که به‌منظور بررسی اثر شوری بر روی گیاه کینوا اجرا شده بود، پژوهشگران دیگری مانند سلیم و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که افزایش تنش شوری

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل از آب آبیاری منجر به کاهش صفات موردبررسی در پژوهش مذکور مانند ارتفاع، طول ریشه، وزن تر و خشک در سطح ۵ درصد در دو رقم Q7 و Q9 شده است، ولی افزایش شوری منجر به افزایش ویتامین ث و کلروفیل برگ شده است. آن‌ها بیان نمودند که افزایش شوری بر روی ژنوتیپ Q7 اثر منفی کم‌تری داشته است (٤٤). در پژوهشی دیگر نیز که به منظور بررسی اثر شوری بر روی گیاه کینوا ژنوتیپ 2-Want در چین اجرا شد، نتایج نشان داد که افزایش شوری منجر به افزایش یون سدیم، کلر در برگ و ریشه شده ولی منجر به کاهش منیزیم، پتاسیم و کلسیم در ریشه و برگ شده است. هم‌چنین ایشان بیان نمودند که افزایش شوری منجر به کاهش ارتفاع بوته، طول سنبله اصلی، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شده است (۵۰). حسین و همکاران (۲۰۱۸) نیز اثر شوری را در پژوهش خود بر روی ٦ ژنوتیپ مختلف گیاه کینوا در امارات متحده عربی بررسی کرده و نشان دادند که افزایش شوری منجر به کاهش زیست‌توده[1] گیاه، ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد سنبله، طول متوسط سنبله، درصد کربن و نیتروژن برگ، عملکرد دانه و شاخص برداشت شد (۲۳). در پژوهشی دیگر علی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که افزایش شوری منجر به کاهش طول ریشه، ارتفاع، وزن تر اندام هوایی و ریشه و عملکرد دانه گیاه کینوا در شرایط آب و هوایی عربستان سعودی در سطح احتمال ۵ درصد شد. هم‌چنین ایشان بیان نمودند که افزایش شوری منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال ۵ درصد شد. نتایج ایشان گویای این موضوع است که در شرایط توأمان تنش شوری و خشکی نیز تمامی این صفات (به‌جز در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار و ۵۰ درصد نیاز آبی) نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشته است (۱).

خشکی و شوری سبب کاهش محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود و به همین دلیل گزینش گیاهانی که تحت این شرایط نیز محصول مناسبی تولید کند، بسیار مهم است که کینوا یکی از این محصولات است. دراین‌ارتباط مطالعه‌ای لایسیمتری توسط رزاقی و همکاران (۲۰۱۲) در دانمارک و به‌منظور بررسی اثر شوری و خشکی سطح خاک بر روی راندمان، عملکرد و میزان محصول به ازای آب استفاده‌شده بر روی کینوا رقم Titicaca انجام شد. کینوا تحت ۵ سطح شوری (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری) تا مرحله گلدهی قرار گرفت. اما در طول دوره پر کردن دانه‌ها ۵ سطح شوری آب آبیاری نصف شد، ولی در هر دو روش استفاده از آب‌شور گیاهان به‌صورت کامل و به میزان نیاز آبی آبیاری شدند. نتایج نشان داد که افزایش شوری و کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه، وزن خشک اندام هوایی، شاخص برداشت، تعداد دانه و وزن دانه می‌گردد. هم‌چنین افزایش شوری و کم‌آبیاری باعث افزایش عملکرد کاه می‌گردد. از طرفی اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نشد (۳۹). شریفان و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که گیاه کینوا رقم Sajama در شرایط اقلیمی گرگان 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 به میزان ٢٤/٦ و ۷/۳ درصد کاهش داد. هم‌چنین نتایج بیانگر آن است که گیاه کینوا مقاوم به شوری آب آبیاری بوده، به‌طوری‌که افزایش اختلاط آب دریا به میزان 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 آب‌وخاک شور تضمین نمود (٤٦). جمالی و شریفان (۲۰۱۸) نشان دادند که شوری بر وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، عملکرد و وزن هزاردانه در

1- Biomass

www.SID.ir

Archive of SID

سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده، ولی بر وزن خشک ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در این پژوهش که در شرایط اقلیمی گرگان و در گلخانه انجام شد، نتایج نشان‌دهنده اثر منفی شوری بر روی همه صفات موردبررسی بود. نتایج نشان داد که تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا و آب شهری در مقایسه با سایر رژیم‌های موردبررسی پس از تیمار شاهد دارای بیش‌ترین میزان وزن خشک ریشه و بوته، وزن هزاردانه و عملکرد در واحد سطح بوده ولی در صفت ارتفاع بوته بیش‌ترین مقدار در تیمار ۱۵ درصد اختلاط آب دریا و آب شهری مشاهده شد. نتایج نشان داد که افزایش شوری از صفر به ۱۵ درصد اختلاط آب دریا به ترتیب منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد و وزن هزاردانه به میزان ۹/۸، ۹/۹، ۲/۱ و ۲۳/٤ درصد شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که روش اختلاطی، تا حد زیادی اثرات منفی ناشی از استفاده از آب‌های شور به‌صورت خالص را کاهش می‌دهد (۲۷). نتایج پژوهشی که توسط صالحی و همکاران (۲۰۱۸) در مزرعه تحقیقات شوری صدوق یزد انجام شد، نشان داد که واکنش کینوا به شوری در مرحله سبز شدن به بستر کاشت بستگی دارد. پنجاه درصد کاهش سبز در خاک و کوکوپیت به ترتیب در ٦/۳۵ و ۱۵/۰٤ دسی‌زیمنس بر متر بود. ایشان بیان نمودند که بذور این گیاه قادر است بعد از رفع تنش شوری و دریافت آب با شوری مناسب شروع به سبز شدن نماید. کینوا بعد از مرحله گیاهچه‌ای به تنش شوری تحمل بالایی دارد (٤٥). در پژوهشی که در شرایط گلخانه‌ای در مشهد که توسط جمالی و انصاری (۲۰۲۰) انجام شد، نتایج نشان داد که شوری آب آبیاری بر روی وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد برگ و شاخه جانبی و ارتفاع گیاه کینوا رقم Titicaca اثر منفی دارد (۲٦). در پژوهشی دیگر جمالی و شریفان (۲۰۲۰) بر روی گیاه کینوا رقم Titicaca در شرایط گلخانه‌ای و در شهر مشهد اثر آب‌های نامتعارف را بررسی کرده و بیان نمودند که آب‌شور بر روی رشد گیاه اثر منفی داشته و استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری و پساب استخر ماهی بر روی بهبود رشد و توسعه این گیاه مؤثر است (۲۸). به بررسی براساس نتایج پژوهش‌های پیشین که در فوق بدان اشاره شده است، کاشت این گیاه در شرایط شورزیست برای تأمین غذای برخی از مردم جامعه و کمک به اقتصاد کشاورزان در این شرایط بسیار مناسب است. گیاه کینوا گیاهی با آستانه تحمل به شوری بالاست و پس از مرحله گیاهچه این تحمل بسیار بالاست و در شرایط شوری آب‌وخاک (همانند منطقه آق‌قلا در استان گلستان) می‌تواند در الگوی کشت محصولات تولیدی این منطقه قرار گیرد.

با توجه به کمبود منابع آب شیرین و افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیش‌تر از یک‌سو و خشک‌سالی‌های اخیر از سوی دیگر، نیاز به استفاده از منابع آبی نامتعارف را بیش‌ازپیش موردتوجه قرار داده است. ازاین‌رو در این پژوهش از آب دریا به‌عنوان یک منبع آب نامتعارف استفاده شده است و هدف از این پژوهش بررسی اثر سطوح مختلف اختلاط آب دریا و چاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه کینوا رقم Sajama بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر استفاده از آب دریای خزر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی کینوا (*Chenopodium quinoa Willd*) رقم Sajama پژوهشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۵-۱۳۹٤ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بر پایه کشت گلدانی و در ۳ تکرار، اجرا گردید. تیمارهای موردبررسی شامل ۵ سطح آب چاه (S_1، ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر)، اختلاط ۱۵ درصدی آب دریا و آب چاه (S_2، ٤/۳

www.SID.ir

Archive of SID

دسی‌زیمنس بر متر)، اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا و آب چاه (S_3، ۸/۰ دسی‌زیمنس بر متر)، اختلاط ٤٥ درصدی آب دریا و آب چاه (S_4، ۱۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر) و اختلاط ٦۰ درصدی آب دریا و چاه (S_5، ۱۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود (شکل ۱). در ابتدا ۱۵ گلدان با ارتفاع ۳۰ و قطر ۲۵ سانتی‌متری که دارای زهکش انتهایی بوده تهیه گردید و به‌منظور زهکشی بهتر در انتهای گلدان‌ها به میزان ۲ سانتی‌متر گراول ریخته شد. در این پژوهش از خاک مرکبی که شامل ۲۰:۳۰:۵۰ درصد خاک، کود دامی پوسیده و پرلیت بود، استفاده شد لازم به ذکر است که خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، ترکیبات شیمیایی کود و ترکیبات شیمیایی آب مورداستفاده در این پژوهش به ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. جهت اندازه‌گیری بافت خاک از روش هیدرومتری (١٦)، نیتروژن کل از روش کجلدال (٦)، فسفر از روش زرد وانادات (۹)، سدیم و پتاسیم روش فلیم فتومتری (۳۵) استفاده شد.

هدایت الکتریکی و pH هر یک از نمونه‌ها نیز به‌ترتیب با استفاده از دستگاه EC متر (مدل Hanna HI99301) و pH متر (مدل PHT-110) اندازه‌گیری شد (۳۰ و ۳۳). چگالی ظاهری خاک مزرعه نیز با استفاده از روش استوانه‌ای اندازه‌گیری شده و به‌منظور رسیدن به چگالی مذکور در گلدان‌ها خاک به‌صورت لایه‌ای به همراه کوبیدن اضافه شد. به‌منظور آبیاری ۵ سانتی‌متر بالایی گلدان‌ها خالی در نظر گرفته شد. پس از پر کردن گلدان‌ها با خاک مرکب ۱۰ عدد بذر کینوا[1] رقم Sajama که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه‌شده بود، در عمق ۱/۵ سانتی‌متری در تاریخ ۱۰ آذر ١٣٩٤ کشت شد و پس از رسیدن گیاهان به مرحله ٤ برگچه‌ای تراکم بوته در هر گلدان به دو گیاه تقلیل یافت.

شکل ۱- شماتیک طرح مورداستفاده.

Figure 1. Schema of treatments in this study.

۱- گیاهی یکساله و دارای شباهت ظاهری با علف هرز سلمک یا سلمه‌تره است (۸ و ۳۱). این گیاه مادر دانه‌ها معروف است و جزو خانواده تاج‌خروسیان (*Amaranthaceae*) و زیر خانواده اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) است (٣٤ و ٣٦).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Selected physical and chemical properties of used soils.

پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	pH	هدایت الکتریکی EC	چگالی ظاهری (Bulk density)	رطوبت حجمی θ_v		بافت خاک Soil texture
						PWP	FC	
میکروگرم در گرم خاک µg/g soil		درصد Percent	_	دسی‌زیمنس بر متر dSm^{-1}	گرم بر سانتی‌متر مکعب $grcm^{-3}$	درصد Percent		
371	7.8	0.23	7.53	0.6	1.62	17	37	سیلتی رسی Silty clay

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورداستفاده.

Table 2. Selected chemical properties of used manure.

ترکیبات شیمیایی (Chemical properties)			هدایت الکتریکی	pH	نوع کود Manure
پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	EC		
درصد Percent			دسی‌زیمنس بر متر dSm^{-1}		
1.98	0.48	2.09	3.08	8.05	کود گاوی (Cow manure)

شروع تیمارهای آبیاری نیز پس از استقرار کامل گیاهان و رسیدن گیاهان به مرحله ٦ برگی اعمال گردید. در این طرح میزان آب آبیاری متغیر و دور آبیاری ثابت فرض شد، به‌طوری‌که دور آبیاری در این طرح ۷ روز در میان اعمال شد (۲۷). جهت تعیین میزان آب آبیاری از تشت تبخیر کلاس A که درون گلخانه قرار داشت استفاده شد و قرائت تبخیر از سطح تشت هر روز انجام گردید. ضریب تشت تبخیر در این پژوهش برابر با ۱/۱۵ در نظر گرفته شد (۲). هم‌چنین بر اساس بررسی‌های انجام شده ضریب گیاهی برای کینوا در هر مرحله ضرایب به‌صورت K_{ini} برابر با ۰/۵۵، K_{mid} برابر با ۱/۲ و K_{end} برابر با ۰/۷۵ بود (٤٧) و در محاسبه نیاز آبی مدنظر قرار گرفت. مقدار نیاز آبی از رابطه ۱ محاسبه گردید. با توجه به این‌که کود گاوی مورداستفاده در این طرح دارای شوری بالا و نیتروژن نیتراتی زیادی بود، برای کاهش قابلیت هدایت الکتریکی و نیتروژن نیتراتی، کودها آبشویی شد (نسبت آبشویی برابر ۱ به ۱۰ کود آلی به آب مقطر). در شکل ۲ میزان آب مصرفی در این پژوهش ارائه شده است.

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورداستفاده.

Table 3. Selected chemical properties of used irrigation water.

pH	ترکیبات شیمیایی (Chemical properties)									کیفیت آب Quality of water
	هدایت الکتریکی EC	بیکربنات HCO_3	سولفات SO_4	منیزیم Mg	کلسیم Ca	پتاسیم K	سدیم Na	کلر Cl	SAR	
	دسی‌زیمنس بر متر dSm^{-1}	میلی اکی‌والان بر لیتر meq/L								
7.05	0.5	7	0.7	2.8	4.4	0.48	0.27	1.0	0.14	آب شهری (Tap water)
8	25.4	31.5	24.5	61.71	25.2	8.21	237.9	221.0	36.0	آب دریا (Seawater)

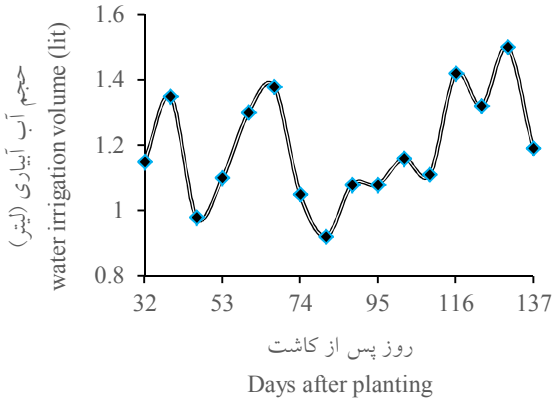
www.SID.ir

Archive of SID

$$ETc = Kc \times Kp \times (Epan) \quad (۱)$$

$$\text{کارایی مصرف آب مبتنی بر عملکرد دانه} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{میزان آب مصرفی}} \quad (۲)$$

که در رابطه ۱ پارامترهای Kp، Epan و Kc به‌ترتیب بیانگر ضریب تشت، تبخیر از سطح تشت (میلی‌متر در روز) و ضریب گیاهی می‌باشد. در رابطه ۲ کارایی مصرف آب مبتنی بر عملکرد دانه ارائه شده است. در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۵ بوته‌های کینوا کف‌بری شده و جهت اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، وزن تر ساقه، برگ و سنبله؛ عملکرد دانه و سنبله، وزن هزاردانه، تعداد شاخه فرعی و سنبله نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. جهت تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.4 استفاده شد (۲۵). به‌منظور آزمون مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و نمودارهای صفات موردبررسی نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel استفاده شد.



شکل ۲- حجم آب آبیاری مصرفی در طول دوره رشد.

Figure 2. Volume of irrigation water applied during growth stages.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات موردبررسی (جدول ٤) تیمارهای موردبررسی بر وزن ساقه، برگ، سنبله، عملکرد دانه و سنبله، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد و بر صفت تعداد سنبله و شاخه فرعی نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات مربوط به عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه دارویی کینوا رقم Sajama.

Table 4. Analysis of variance of Quinoa (cv Sajama) plant yield, yield components, and water use efficiency.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات									
		وزن ساقه Stem weights	وزن سنبله Inflorescance weights	وزن برگ Leaf weights	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد سنبله Inflorescance yield	وزن هزار دانه 1000 kernel weights	تعداد سنبله Panicle number	تعداد شاخه فرعی Branches number	ارتفاع بوته Plant height	کارایی مصرف آب Water use efficienfy
شوری Salinity	4	94.8**	101.6**	27.7**	52.9**	60.7**	1.3**	6.2*	3.7*	149.8**	0.44**
خطا Error	10	0.3	0.1	0.1	1.3	2.4	0.004	2.0	1.1	6.8	0.01
ضریب تغییرات CV		3.1	3.1	3.2	8.8	10.1	1.8	20.9	16.1	2.9	8.8

**، * معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار

**, *, ^{ns} Significant at P<0.01, significant at P<0.05, none significant

مطابق با جدول ۵ نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن تر ساقه، برگ و سنبله به‌ترتیب با ۲۵/۷، ۱۹/۹ و ۱۵/۷ گرم مربوط به تیمار آبیاری با آب چاه بوده و کم‌ترین میزان صفات مذکور نیز در تیمار آبیاری با اختلاط ٦۰ درصدی آب دریا و چاه با ۱۱/۷، ٤/۹۷ و ۷/۸ گرم مشاهده شد. نتایج حاصل از این پژوهش مطابق جدول ۵ نشان داد که در صفت وزن تر برگ بین تیمارهای اختلاط ۱۵ و ۳۰ درصدی آب دریا و چاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشد. هم‌چنین نتایج گویای این موضوع است که شوری بر روی صفات مزبور دارای اثر منفی معنی‌داری در سطح ۵ درصد بوده است. مطابق جدول ۵ توسعه رشدی گیاه نیز گویای این موضوع است که شوری منجر به کاهش آن شده است و بیش‌ترین میزان آن نیز در تیمار آب چاه مشاهده شده و با افزایش شوری میزان آن به‌صورت نزولی و معنی‌داری کاهش یافته است. افزایش شوری آب آبیاری منجر به کاهش توسعه ریشه و کاهش آب در دسترس گیاه شده و از این‌رو مواد غذایی و شیره پرورده کم‌تری نیز در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. گیاه جهت مقابله با تنش شوری از مکانیسم‌های متفاوتی استفاده کرده که می‌توان به کاهش سطح برگ و ریزش برگ‌ها جهت کاهش سطح تعرق‌کننده اشاره کرد. افزایش شوری در این پژوهش باعث ریزش برگ‌ها و کوچک شدن سطح برگ و کاهش تولید شاخه جانبی شده که خود منجر به کاهش فتوسنتز و متعاقب آن کاهش ماده غذایی تولیدی برای گیاه شده که خود سبب کاهش وزن تر اندام‌های مختلف است. شوری با مختل کردن تعادل تغذیه و سمیت یونی منجر به کاهش رشد اندام‌های گیاه می‌شود (۱۸). کاهش رشد رویشی و وزن خشک به دلیل کاهش آماس سلول‌ها در شرایط شور، متأثر از فرآیندهای اسمزی است. از علل دیگر کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری بالا رفتن مصرف انرژی در گیاه برای خروج یون‌های سدیم مهاجم که در محیط به وفور وجود دارند و در نتیجه مصرف مقدار زیادی از انرژی سلولی برای سازش و مقابله با تنش شوری

www.SID.ir

Archive of SID

است که به این ترتیب رشد و عملکرد گیاه در نهایت کاهش نشان می‌دهد (۳). استرس شوری باعث برهم خوردن موازنه آب آپوپلاستی و سیمپلاستی می‌شود و نهایتاً باعث کاهش تورژسانس سلولی می‌گردد. گیاه برای برقراری مجدد موازنه آب اقدام به ساخت ترکیبات و محافظت‌کننده‌های اسمزی می‌نماید. در صورت از دست رفتن میزان زیاد آب، رشد گیاه به‌شدت تحت‌تأثیر قرار خواهد گرفت (۱۰). مطابق شکل ۳ نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف نشان داد که در صفات عملکرد دانه و سنبله بین تیمارهای شاهد، ۱۵ و ۳۰ درصد اختلاط آب دریا و چاه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود ندارد و بین بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد مشاهده شد.

جدول ۵- اثر سطوح آب دریا بر وزن اندام‌های مختلف گیاه کینوا رقم Sajama.

Table 5. Effects of seawater levels on Quinoa weights (c.v. Sajama).

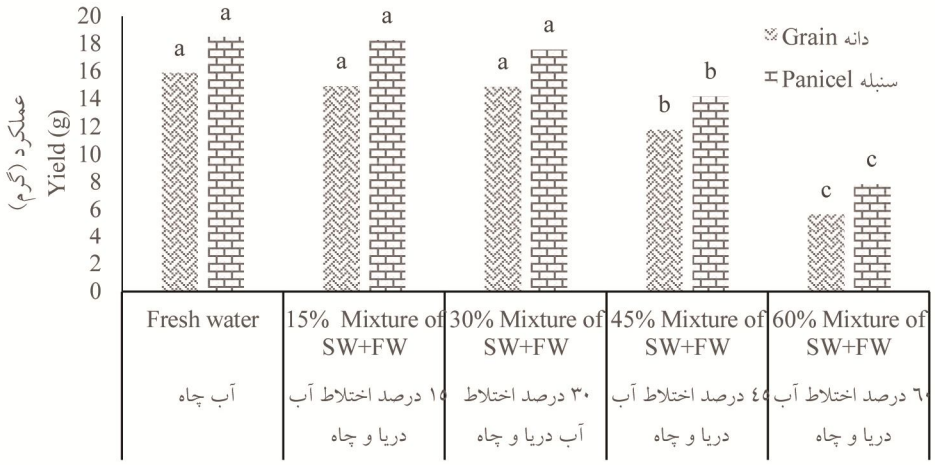
تیمار Treatment	وزن تر (گرم) Fresh weights (g)				توسعه رشدی (گرم) Growth development (g)
	ساقه Stem	سنبله Panicle	برگ Leaf	هزاردانه Thousand kernel	
آب چاه Fresh water	25.7 a	19.9 a	15.7 a	4.8 a	61.3 a
۱۵ درصد اختلاط آب دریا و چاه 15% Mixture of SW+FW	18.3 b	14.2 b	12.99 b	3.7 b	45.49 b
۳۰ درصد اختلاط آب دریا و چاه 30% Mixture of SW+FW	14.3 c	9.98 c	12.23 b	3.5 c	36.51 c
٤٥ درصد اختلاط آب دریا و چاه 45% Mixture of SW+FW	13.3 d	7.85 d	9.75 c	3.4 c	30.9 d
٦٠ درصد اختلاط آب دریا و چاه 60% Mixture of SW+FW	11.7 e	4.97 e	7.8 d	3.1 d	24.47 e

بیش‌ترین میزان عملکرد دانه و سنبله در تک بوته نیز در تیمار آبیاری با آب چاه (به ترتیب با ۱۵/۹۳ و ۱۸/۵۲ گرم) و کم‌ترین میزان آن نیز در تیمار آبیاری با اختلاط ٦٠ درصدی آب دریا و چاه (به ترتیب با ٥/٦٨ و ۷/۸۸ گرم) مشاهده شد. مطابق جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف نشان داد که در صفت وزن هزاردانه بین تیمارهای ۳۰ و ٤٥ درصد اختلاط آب دریا و چاه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود ندارد و بین بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد مشاهده شد. بیش‌ترین میزان وزن هزاردانه نیز در تیمار آبیاری با آب چاه (با ٤/٨ گرم) و کم‌ترین میزان آن نیز در تیمار آبیاری با اختلاط ٦٠ درصدی آب دریا و چاه (با ۳/۱ گرم) مشاهده شد. تحمل شوری یک ویژگی پیچیده بوده و به مجموعه‌ای از مکانیسم‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی وابسته است. این مکانیسم‌ها به محدودیت‌های عمده شوری در رشد گیاه (اثرات اسمزی، محدود کردن مبادله گاز CO_2، سمیت یونی و عدم تعادل غذایی) مرتبط هستند (۱۵، ۱۷، ۲۱ و ۲۲). سیر نزولی عملکرد دانه در اثر افزایش شوری نیز

www.SID.ir

Archive of SID

می‌تواند به دلیل کوچک بودن سنبله‌ها و کاهش وزن آن در اثر کمبود شیره پرورده تولیدی که به آن می‌رسد، باشد. گیاه برای اجتناب از شوری مقدار زیادی از انرژی که از اندام‌های هوایی جهت رشد دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید. این عمل باعث کاهش کارایی ریشه در جذب عناصر غذایی و آب بری سایر اندام‌ها می‌شود و مجموع این عوامل ممکن است کاهش عملکرد در سایر اندام‌ها را به دنبال داشته باشد. به‌عبارت‌دیگر کاهش ذخایر متابولیکی تولیدشده توسط اندام‌های هوایی می‌تواند دلیل کاهش رشد گیاه در شرایط شوری باشد (۷). کینوا توانایی تنظیم پتانسیل آب برگ خود را با ذخیره‌سازی یون‌های نمکی در بافت‌های خود دارا بوده و این امکان را برای گیاه فراهم ساخته که در شرایط شور آماس سلولی خود را حفظ کند و تعرق را محدود سازد (۲۴). نتایج مشابهی نیز در پژوهش یوسفی و همکاران (۲۰۱۲) برای وزن اندام هوایی و ارتفاع گیاه در گیاه گندم ارائه شده است (۵۴). شکل (۴) نیز گویای اثر منفی شوری بر تعداد سنبله و تعداد شاخه جانبی در سطح ۵ درصد است. در صفت تعداد سنبله مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها بین تیمارهای ۱۵ و ۳۰ درصد اختلاط آب دریا و چاه در سطح احتمال ۵ درصدی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، هم‌چنین در صفت تعداد شاخه جانبی نیز مطابق با نتایج ارائه شده در شکل ۴ بین تیمارهای آب چاه و ۱۵ درصد اختلاط آب دریا و چاه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در صفت تعداد سنبله و تعداد شاخه جانبی بیش‌ترین میزان مربوط به تیمار آب چاه بوده که به ترتیب برای هر یک از این صفات ۵/۷ و ۷/۷ عدد مشاهده شد، لازم به ذکر است که اعداد مربوط به میانگین ۳ تکرار است. کم‌ترین میزان این صفات نیز در تیمار آبیاری با اختلاط ۶۰ درصدی آب دریا و چاه به ترتیب با ۲ و ۵ عدد در بوته مشاهده شد.

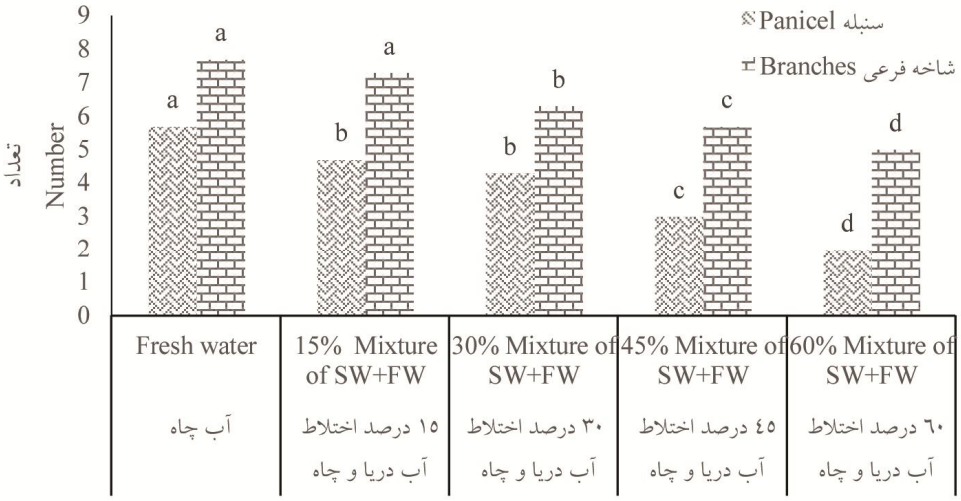


شکل ۳- اثر سطوح آب دریا بر عملکرد دانه و سنبله گیاه کینوا رقم Sajama.

Figure 3. Effects of seawater levels on Quinoa panicle and grain yield (c.v. Sajama).

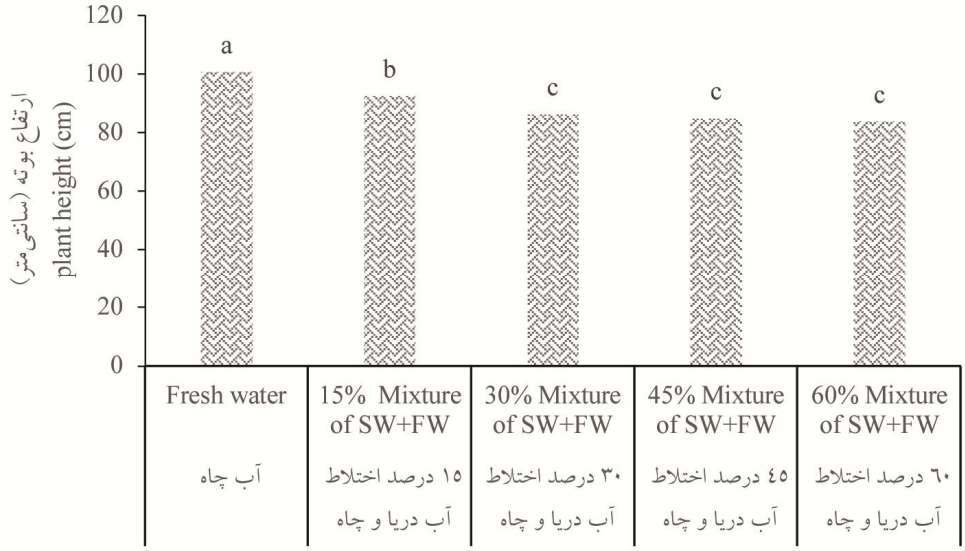
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- اثر سطوح آب دریا بر تعداد سنبله و تعداد شاخه جانبی گیاه کینوا رقم Sajama.

Figure 4. Effects of seawater levels on Quinoa panicle and branches no. (c.v. Sajama).

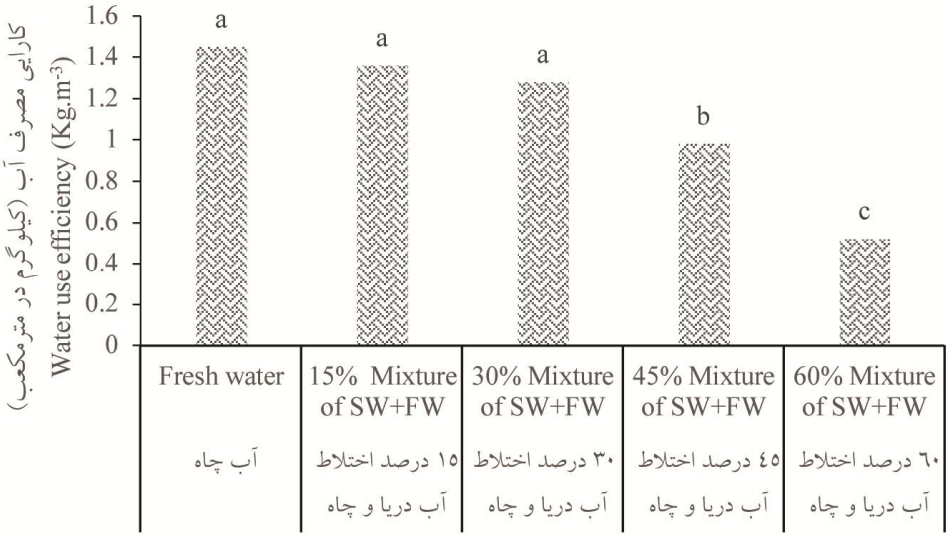


شکل ٥- اثر سطوح آب دریا بر ارتفاع گیاه کینوا رقم Sajama.

Figure 5. Effects of seawater levels on Quinoa plant heights (c.v. Sajama).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- اثر سطوح آب دریا بر کارایی مصرف آب کینوا رقم Sajama.

Figure 6. Effects of seawater levels on Quinoa water use efficicency (c.v. Sajama).

مطابق شکل ۵ که نمایانگر مقایسه میانگین صفت ارتفاع بوده در تیمارهای موردبررسی است نیز نتایج نشان‌دهنده اثر منفی معنی‌دار افزایش شوری آب آبیاری بر این صفت است. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان در این صفت در تیمار آبیاری با آب چاه با ۱۰۰/۷۲ سانتی‌متر مشاهده شد و کم‌ترین میزان آن نیز در تیمار ٦۰ درصد اختلاط آب دریا و چاه به‌میزان ۸۳/۸ سانتی‌متر بود. شکل (۵) نمایانگر این موضوع است که بین تیمارهای ۳۰، ٤۵ و ٦۰ درصد اختلاط آب دریا و چاه تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد وجود ندارد. بر اساس نتایج شکل ٦ بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کارایی مصرف آب در تیمارهای آب چاه (۱/٤۵ کیلوگرم در مترمکعب) و استفاده از اختلاط ٦۰ درصدی آب دریا و چاه در آبیاری (۰/۵۲ کیلوگرم در مترمکعب) مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین تیمار شاهد و دو اختلاف ۱۵ و ۳۰ درصدی آب دریا و چاه اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد. نتایج این پژوهش با نتایج سایر پژوهشگران بر روی کینوا مطابقت داشت (۱۱، ۱۲، ۲٦، ۲۷، ۳۹، ٤۰ و ۵۱). دلیل مهم کاهش سطح برگ در تنش شوری می‌تواند کاهش آماس سلولی باشد که موجب کاهش تقسیم سلولی و تمایز زودرس می‌شود (۳۷)، علاوه بر این تنش شوری با ایجاد مسمومیت یونی، صدمه به غشاءها و ملکوت‌های پروتئینی بر روی گسترش برگ تأثیر می‌گذارد (٤۹). عملکرد محصول به‌طور مستقیم با رشد برگ و توسعه سطح برگ، فتوسنتز و استفاده از نیتروژن ارتباط دارد (۲۰). شوری باعث کاهش رشد برگ و محدود کردن عملکرد دانه می‌شود (٤۸). در پژوهشی فرانسیس و همکاران (۱۹۹٤) بیان کردند که شوری سقط گل‌ها را در گیاه افزایش داده و رقابت بین دانه‌ها و سایر اندام‌های گیاه را تشدید می‌کند، از طرفی فراهمی مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه را محدود کرده و درنهایت تعداد دانه در هر سنبله را کاهش می‌دهد. براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان به این نتیجه رسید که صدمه‌ی اسمزی، سمیت یون‌ها و تغییر در تعادل مواد غذایی قابل‌دسترس ازجمله عوامل دخیل در

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش ارتفاع در محیط شور هستند (١٤). کاهش رشد گیاه تحت شوری ممکن است بر اثر اختلال جذب عناصر غذایی، بر هم زدن تعادل یونی یا کاهش پتانسیل آب در خاک و تنش اسمزی یا به علت تغییر فراهمی آنزیم‌های مؤثر در فعالیت دستگاه فتوسنتزکننده گیاه ایجاد شده باشد. طول ساقه و ریشه مهم‌ترین پارامترهای نشان‌دهنده آثار تنش‌های محیطی، به‌ویژه تنش‌های شوری و خشکی محسوب می‌شوند؛ زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک بوده و آب و املاح را از خاک جذب می‌کند و ساقه آن را به سایر قسمت‌های گیاه منتقل می‌کند. بنابراین، تغییرات طولی این دو پارامتر (ساقه و ریشه)، نشانه مهمی برای پاسخ گیاهان به تنش شوری به‌حساب می‌آید (٢٩). از دلایل کاهش ارتفاع گیاه در اثر شوری به خشکی فیزیولوژیکی در محیط ریشه و رقابت بین یون‌های کلر، سولفات و نیترات نیز اشاره شده است (٤٠ و ٥٢). تنش شوری از راه تأثیر بر چند مکانیسم مهم گیاه مانند فتوسنتز، تنظیم فشار اسمزی و فعالیت آنزیم‌ها رشد گیاه را کاهش می‌دهد (٤). تنش شوری همانند بسیاری از تنش‌های غیرزیستی دیگر، رشد گیاه را محدود می‌کند (٤٢). توقف رشد طولی ساقه و ریشه و کاهش ماده‌سازی از علائم معمول تنش اکسیداتیو است (٤١). ماس و گریو (١٩٩٠) گزارش کردند که شوری اجزای عملکرد را بسته به این‌که تنش در چه زمانی بر گیاه واردشده باشد، تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٣٢).

تیجه‌گیری کلی

یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این بود که بیش‌ترین وزن هزاردانه (٤/٨ گرم)، عملکرد دانه (١٥/٩٣ گرم)، عملکرد سنبله (١٨/٥٢ گرم) و تعداد سنبله در بوته (٥/٧ عدد) که ازجمله مهم‌ترین پارامترهای عملکردی گیاه کینوا است، در تیمار شاهد مشاهده‌شده و کم‌ترین میزان آن‌ها نیز به ترتیب با ٣/١، ٥/٦٨ و ٧/٨٨ گرم و ٢ عدد در تیمار آبیاری با اختلاط ٦٠ درصدی آب دریا و آب چاه به دست آمد. افزودن آب‌شور به آب آبیاری به میزان ١٥ و ٣٠ درصد به‌ترتیب منجر به کاهش ٢٢/٩ و ٢٧/١ درصدی وزن هزاردانه شده است، هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمارهای مذکور اختلاطی آب دریا و آب چاه منجر به کاهش ٦ و ٦/٣ درصدی عملکرد دانه شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده و ازآن‌جایی‌که از دانه‌های گیاه کینوا نسبت به سایر قسمت‌ها مانند برگ بیش‌تر استفاده می‌شود و با عنایت به موضوع کمبود منابع آب شیرین در ایران می‌توان از تیمارهای ١٥ و ٣٠ درصد اختلاطی آب دریا و آب چاه با در نظر گرفتن معضلات زیست‌محیطی استفاده از آب دریا بر روی شوری خاک (این پژوهش با هدف استفاده از آب دریا در مناطقی از استان گلستان مانند آق‌قلا که خاک شور است، اجرا شده است) استفاده کرد. بنابراین استفاده از مدیریت تلفیقی و کاربرد آب‌های نامتعارف و با کیفیت پایین مثل آب دریا برای آبیاری محصولات کشاورزی در کشور با مدیریت مناسب و مطلوب می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار مناسب جهت استفاده در شرایط بحران آب توصیه شود، هرچند که لازم است آزمایش‌های بیش‌تری (به‌ویژه در شرایط مزرعه‌ای) جهت تأیید نتایج پژوهش حاضر انجام شود.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌خاطر تأمین بذر گیاه کینوا (رقم ساجاما) و جناب آقای دکتر نیازعلی سپهوند برای انجام این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌ها و اطلاعات

داده‌های مقاله حاضر حاصل پژوهش نگارندگان در سال ۹۵-۱۳۹٤ در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسنده اول به صورت طراحی تحقیق و همکاری در نگارش و مشارکت نویسنده دوم به‌صورت انجام تحقیق و همکاری در نگارش بوده است.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت و در اختیار قرار دادن حمایت مالی توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است.

منابع

1. Aly, A.A., Al-Barakah, F.N., and El-Mahrouky, M.A. 2018. Salinity Stress Promote Drought Tolerance of Chenopodium Quinoa Willd. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 49: 11. 1331-1343.
2. Amiri, M., Abedi-Koupai, J., and Eslamian, S. 2011. Evaluation of the performance of evaporation pans in greenhouse environment. Journal of soil and plant interaction. 2: 1. 63-73. (In Persian)
3. Arvin, P. 2015. Effect of gibberellin on some morphological traits, photosynthetic pigments content and proline in savory (*Satureja hortensis* L.) under salinity stress conditions. Journal of Crop Production Research. 7: 2. 89-104.
4. Ashraf, M. 2001. Relation between growth and gas exchange characteristics in some salttolerance amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. Environmental and Experimental Botany. 45: 155-163.
5. Becker, V.I., Goessling, J.W., Duarte, B., Caçador, I., Liu, F., Rosenqvist, E., and Jacobsen, S.E. 2017. Combined effects of soil salinity and high temperature on photosynthesis and growth of quinoa plants (*Chenopodium quinoa*). Functional Plant Biology. 44: 7. 665-678.
6. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen- total. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods. SSSA and ASA. Madison, WI. pp. 1085-1121.
7. Blokhina, O., Virolainen, E., and Fagestedt, K.V. 2003. antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. Annuals of Botany. 1: 179-194.
8. Causin, H.F., Bordón, D.A., and Burrieza, H. 2020. Salinity tolerance mechanisms during germination and early seedling growth in Chenopodium quinoa Wild. genotypes with different sensitivity to saline stress. Environmental and Experimental Botany. 172: 103995.
9. Chapman, H.I., and Pratt, P.F. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters.The University of California's Division of Agricultural Science, Berkeley, California, USA.
10. Chenarani, M., Safipour-Afshar, A., and Nematpour, F.S. 2015. Physiological and Biochemical Responses of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Ascorbic Acid under Salinity Stress. Iranian journal

www.SID.ir

Archive of SID

of plant physiology and biochemistry. 1: 1. 63-76. (In Persian)

11. Cocozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R., and Tognetti, R. 2013. Effects of Increasing Salinity Stress and Decreasing Water Availability on Ecophysiological Traits of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in a Mediterranean-Type Agroecosystem. Journal of agronomy and crop science. 199: 4. 229-240.
12. Eisa, S., Hussin, S., Geissler, N., and Koyro, H.W. 2012. Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a potential cash crop halophyte. Australian Journal of Crop Science. 6: 2. 357.
13. Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W., Bustamante, L., Graf, F., and Obal, I. 2017. Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. Industrial Crops and Products. 107: 558-564.
14. Francois, L.E., Grieve, E.V., Mass, E.V., and Leseh, S.M. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal. 86: 100-107.
15. Flowers, T.J., and Colmer, T.D. 2008. Salinity tolerance in halophytes. New Phytol. 179: 945-963.
16. Gee, G.W., and Bauder, D. 1986. Particle size analysis. Dane, J.H. And Topp, G.C. (eds.). Methods of Soil Analysis: Part4. Physical Methods. Soil Sci. Soc.Am. Book Ser. 5. Madison, WI, USA. pp. 255-292.
17. Geissler, N., Hussin, S., and Koyro, H.W. 2010. Elevated atmospheric CO_2 concentration enhances salinity tolerance in Aster tripolium L. Planta. 231: 583-594.
18. Guo, F., and Tang, Z.C. 1999. Reduced Na+ and K+ permeability of K+ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat. Chinese Science Bulletin. 44: 9. 816-821.
19. Hajiboland, R., and Cheraghvareh, L. 2014. Influence of Si supplementation on growth and some physiological and biochemical parameters in salt-stressed tobacco (*Nicotiana rustica* L.) plants. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran. 25: 3. 205-217.
20. Hay, R.K., and Porter, J.R. 2006. The Physiology of Crop Yield. Blackwell Publishing. 784p.
21. Hussain, M.I., and Reigosa, M.J. 2015. Characterization of xanthophyll pigments, photosystem II photochemistry, heat energy dissipation, reactive oxygen species generation and carbon isotope discrimination during artemisinin-induced stress in Arabidopsis thaliana. PLoS One. 10: 1. 1-20.
22. Hussain, M.I., and Reigosa, M.J. 2017. Evaluation of photosynthetic performance and carbon isotope discrimination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under allelochemicals stress. Ecotoxicology. 26: 613-624.
23. Hussain, M.I., Al-Dakheel, A.J., and Reigosa, M.J. 2018. Genotypic differences in agro-physiological, biochemical and isotopic responses to salinity stress in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants: Prospects for salinity tolerance and yield stability. Plant Physiology and Biochemistry. 129: 411-420.
24. Jacobsen, S.E., Liu, F., and Jensen, C.R. 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Scientia Horticulturae. 122: 281-287.
25. Jamali, S., and Ansari, H. 2019. Effects of Water Quality and Irrigation Management on Growth and Yield of Quinoa. Journal of Water Research in Agriculture. 33: 3. 339-351. (In Persian)
26. Jamali, S., and Ansari, H. 2020. Investigation the Effect of Unconventional Water on Yield and Yield Components of Quinoa. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 14: 1. 331-343. (In Persian)
27. Jamali, S., and Sharifan, H. 2018. Investigation the effect of different

www.SID.ir

Archive of SID

Salinity levels on Yield and Yield components of Quinoa (Cv. Titicaca). Journal of Water and Soil Conservation. 25: 2. 251-266. (In Persian)

28. Jamali, S., and Sharifan, H. 2020. Investigation the effect of Zytonic on Yield and Yield components of Quinoa under irrigated Unconventional water. Journal of Water and Soil Conservation. 27: 3. 229-244. (In Persian)
29. Jamil, M., Lee, C.C., Rehman, S.U., Lee, D.B., Ashraf, M., and Rha, E.S. 2005. Salinity (NaCl) tolerance of Brassica species at germination and early seedling growth. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 4: 970-976.
30. Jones, J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA. 330p.
31. Kiani-Pouya, A., Rasouli, F., Shabala, L., Tahir, A.T., Zhou, M., and Shabala, S. 2020. Understanding the role of root related traits in salinity tolerance of quinoa accessions with contrasting epidermal bladder cell patterning. Planta. 251: 103.
32. Mass, E.V., and Griev, C.M. 1990. Spike and leaf development in salt stress of wheat. Crop Science. 30: 1309-1313.
33. Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. Page A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Book Ser. 5. Madison, WI, USA. pp. 199-224.
34. Naveed, M., Ramzan, N., Mustafa, A., Samad, A., Niamat, B., Yaseen, M., ... and Minggang, X. 2020. Alleviation of salinity induced oxidative stress in Chenopodium quinoa by Fe biofortification and biochar-endophyte interaction. Agronomy. 10: 2. 168.
35. Obrycki, J.F., Kovar, J.L., and Karlen, D.L. 2018. Subsoil Potassium in Central Iowa Soils: Status and Future Challenges. Agrosystems, Geosciences and Environment. 1: 1. 1-8.
36. Parvez, S., Abbas, G., Shahid, M., Amjad, M., Hussain, M., Asad, S.A., Imran, M., and Naeem, M.A. 2020. Effect of salinity on physiological, biochemical and photostabilizing attributes of two genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) exposed to arsenic stress. Ecotoxicology and environmental safety. 187: 109814.
37. Passioura, J.B., and Gardner, A. 1990. Control of leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. Functional Plant Biology. 17: 2. 149-157.
38. Ramzani, P.M.A., Shan, L., Anjum, S., Ronggui, H., Iqbal, M., Virk, Z.A., and Kausar, S. 2017. Improved quinoa growth, physiological response, and seed nutritional quality in three soils having different stresses by the application of acidified biochar and compost. Plant Physiology and Biochemistry. 116: 127-138.
39. Razzaghi, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa.Agricultural water management. 109: 20-29.
40. Rezzouk, F.Z., Shahid, M.A., Elouafi, I.A., Zhou, B., Araus, J.L., and Serret, M.D. 2020. Agronomic performance of irrigated quinoa in desert areas: Comparing different approaches for early assessment of salinity stress. Agricultural Water Management. 240: 106205.
41. Ruley, A.T., Sharma, N.C., and Sahi, S.V. 2004. Antioxidant defense in a lead accumulation plant, Sensbania drummondii. Plant Physiology and Biochemical. 42: 899-906.
42. Sabra, A., Daayf, F., and Renault, S. 2012. Differential physiological and biochemical responses of three Echinacea species to salinity stress. Scientia horticulturae. 135: 23-31.
43. Sai, S.K.P.V., Sandya, V., Manjari, S., and Ali, S. 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. Microbiological research. 184: 13-24.

www.SID.ir

Archive of SID

44. Saleem, M.A., Basra, S.M.A., Afzal, I., Iqbal, S., Saddiq, M.S., and Naz, S. 2017. Exploring the Potential of Quinoa Accessions for Salt Tolerance in Soilless Culture. International Journal of Agriculture and Biology. 19: 2. 233-240.
45. Salehi, M., Soltani, V., and Dehghani, F. 2018. Effect of salt stress and seed priming methods on emergence and seedling characteristics of quinoa. Environmental Stresses in Crop Sciences. 11: 2. 381-391. (In Persian)
46. Sharifan, H., Jamali, S., and Sajadi, F. 2018. Investigation the Effect of Different Salinity Levels on the Morphological Parameters of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Different Irrigation Regimes. Journal of Water and Soil Science. 22: 2. 15-27. (In Persian)
47. Talebnejad, R., and Sepaskhah, A.R. 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.
48. Taleisnik, E., Rodriguez, A., Bustos, D., Erdei, L., Ortega, L., and Senn, M.E. 2009. Leaf expansion in grasses under salt stress. Journal of Plant Physiology. 166: 11. 1123-1140.
49. Tanji, K.K. 1995. Agricultural salinity assessment and management. Scientific Publisher, Jodhpur.
50. Waqas, M., Yaning, C., Iqbal, H., Shareef, M., ur Rehman, H., Iqbal, S., and Mahmood, S. 2018. Soil drenching of paclobutrazol: an efficient way to improve quinoa performance under salinity. Physiologia plantarum. 165: 2. 219-231.
51. Yang, A., Akhtar, S.S., Li, L., Fu, Q., Li, Q., Naeem, M.A., ... and Jacobsen, S.E. 2020 a. Biochar Mitigates Combined Effects of Drought and Salinity Stress in Quinoa. Agronomy. 10: 6. 912.
52. Yang, A., Akhtar, S.S., Fu, Q., Naveed, M., Iqbal, S., Roitsch, T., and Jacobsen, S.E. 2020b. Burkholderia Phytofirmans PsJN Stimulate Growth and Yield of Quinoa under Salinity Stress. Plants. 9: 6. 672.
53. Yasmeen, R., and Siddiqui, Z.S. 2018. Ameliorative effects of Trichoderma harzianum on monocot crops under hydroponic saline environment. Acta Physiologiae Plantarum. 40: 1. 4.
54. Yousfi, S., Serret, M.D., Márquez, A.J., Voltas, J., and Araus, J.L. 2012. Combined use of δ13C, δ18O and δ15N tracks nitrogen metabolism and genotypic adaptation of durum wheat to salinity and water deficit. New Phytol. 194: 230-244.
55. Zala, K., Dominik, V., Stanislav, M., Branka, J., and Čerenak, A. 2016. Hop (*Humulus lupulus* L.) response mechanisms in drought stress: proteomic analysis with physiology. Plant Physiology and Biochemistry. 105: 67-78.

www.SID.ir

Arc

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 28(2), 2021
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18372.3397

The effects of irrigation with different mixture Caspian Seawater and fresh water on Yield of Quinoa (c.v. Sajama) in Greenhouse conditions

Kh. Ghorbani*[1] and S. Jamali[2]

[1]Associate Prof., Dept. of Water Science and Engineering, Faculty of Water and Soil Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GAU), Gorgan, Iran,
[2]Ph.D. Student, Dept. of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran
Received: 09.16.2020; Accepted: 02.02.2021

Abstract

Background and Objectives: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a species belonging to the family Amaranthaceae s.l., domesticated at least 5000 years ago in the Bolivian-Peruvian highlands. Quinoa is a nutritious herb with a favorable nutrition and potential for growth and production in adverse environmental conditions that can withstand salinity. Use of sea water in agriculture that will increase farmers' income, sustainable production and food security. Therefore, the goal of this study was to Investigation the effect of irrigation with seawater and freshwater on growth properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in greenhouse condition.

Materials and Methods: A pot experiment was conducted in greenhouse conditions at Gorgan University of agriculture science and natural resources, Iran, to evaluate the effectiveness of different moderation of using Caspian seawater for irrigation on growth and yield of Quinoa cv. Sajama. The research was done based on completely randomized design including 3 replications as pot planting during 2016. At sixth-leaf stage, plants were exposed to 5 saline irrigations treatments, i.e., control treatment (S_1: 0.5 $dS.m^{-1}$), 15 (S_2: 4.3 $dS.m^{-1}$), 30 (S_3: 8.0 $dS.m^{-1}$), 45 (S_4: 11.8 $dS.m^{-1}$), and 60 percent mixture of seawater and tap water (S_5: 15.5 $dS.m^{-1}$). Salinity stress was gradually developed in pots with an increment of 15 percent of seawater until saline water for irrigated in each treatment on pots. After every-fourth irrigation, a micro-nutrient solution was added to irrigation water at a concentration of 1:500 in each pot. After eighty-five days of germination, plants were harvested and plant height stem, leaf, and panicle fresh weights, no. of branches and inflorescence, grain and panicle yield, and 1000 kernel weight/plant. Shoot were oven dry for 48 h at 70 C and shoot biomass was recorded. Grains were collected from panicle to record 1000-grains weight and grain yield/plant.

Results: The results inducted the effect of different moderation of irrigation regimes on the stem, leaf, and panicle fresh weights, grain and panicle yield, 1000 kernel weights, and plant height were highly significant ($P<0.01$), but branches and panicle number were significant at 5 percent levels ($P<0.05$). Results revealed that the increase of salinity of the water has an influence on some traits of growth and yield (stem, leaf, and panicle fresh weights, no. of branches and inflorescence, grain and panicle yield, 1000 kernel weight/plant, and plant height). The highest amount of 1000 kernel weights, grain, and panicle yield (4.8, 15.93 and 18.52 gr) were measured at irrigation by freshwater. The result showed that the 15 and 30 percent mixture seawater freshwater irrigation regime compared to other regimes after control regimes had the

* Corresponding Author; Email: ghorbani.khalil@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

highest of all of them. 15 and 30 percent mixture of seawater and freshwater has resulted in decreasing of 1000 kernel weights 22.9 and 27.1 percent, respectively.

Conclusion: In conclusion, saline irrigation provoked a decrease in plant growth compared with non-saline irrigation; that meaning the morphological properties and yield of quinoa plant will be decreased due to salt stress. In conclusion, the highest values in most of the morphological traits were studied when using salinity irrigation water at a rate of 4.3 dS m^{-1} to irrigate quinoa plant under greenhouse conditions, which proves that the quinoa crop resistant to salinity.

Keywords: 1000 kernel weights, Greenhouse condition, Mixture of water regimes, Sajama cultivar, Seawater, Quinoa

www.SID.ir

www.SID.ir