

بررسی کاربرد آبیاری با زه آب کشاورزی در سطوح مختلف شوری و کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا
(مطالعه موردی در شرایط آب و هوایی اهواز)

سعید زندی^۱، سعید برومند نسب*^۲، منا گلابی^۳

چکیده

کینوا گیاهی با ارزش غذایی مطلوب و پتانسیل رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی می باشد که در برابر شوری تحمل بالایی دارد. استفاده مجدد از زه آب کشاورزی یک روش طبیعی و مهم در مدیریت زه آب می باشد که موجب افزایش درآمد کشاورزان، تولید پایدار و امنیت غذایی خواهد شد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی آبیاری با زه آب کشاورزی و تنش شوری و کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا (رقم تیتیکا) تحت سطوح شوری ۲، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر و سطوح آبیاری کامل، آبیاری ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه با سه تکرار و در قالب کرت های خرد شده و با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز در دو فصل پاییز و بهار در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام گردید. نیاز آبی گیاه با استفاده از اندازه گیری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری و افزایش رطوبت به مقدار ظرفیت زراعی به روش وزنی انجام شد. تیمارهای آزمایشی پس از جوانه زنی بذر ها و از ابتدای کشت اعمال گردید. پس از رسیدن فیزیولوژیکی گیاه عملیات برداشت به صورت بریدن بوته از سطح خاک انجام گرفت و نمونه ها به منظور خشک کردن تعیین اجزای عملکرد به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج نشان داد که تنش شوری در مقایسه با تنش کم آبی (در سطح احتمال یک درصد) میزان تاثیر بیشتری بروی کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کینوا داشته است. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به ترتیب در فصل پاییز ۵/۴۵ و ۱/۸ و در فصل بهار ۳/۸۷ و ۰/۷۳ تن در هکتار به طور مشابه در تیمار با شوری ۲ دسی زیمنس بر متر و آبیاری کامل و در تیمار با شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر و آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد.

کلیدواژه ها: آب های نامتعارف، تنش کم آبی، شاخص برداشت، شورورزی

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

*- نویسنده مسئول: boroomand@scu.ac.ir

علاوه بر افزایش جمعیت جهان، عوامل متعدد دیگری از جمله فرسایش خاک‌های زراعی، تغییرات جهانی آب و هوا و تنش‌های محیطی باعث بروز نگرانی‌های جدی در مورد تولید گیاهان زراعی شده است (۱). محدودیت منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب گردیده تا امروزه نگاه‌ها به سوی استفاده از منابع آب‌شور معطوف شود (۱۲). خشکی و شوری دو عامل اساسی در کاهش عملکرد و رشد گیاهان می‌باشند. مهم‌ترین اثری که افزایش شوری آب آبیاری بر بهره‌وری گیاه می‌گذارد، کاهش توانایی جذب آب موجود در خاک است (۲۹). همچنین نیاز به مواد غذایی سبب شده سطح زیر کشت افزایش یافته و منابع آب شیرین سطحی و زیرزمینی بیش از حد مصرف شده و در حالت بحرانی قرار گیرند (۱۴).

یکی از مهم‌ترین چالش‌های اساسی کشاورزی در سراسر جهان، کاهش عملکرد گیاهان به دلیل شوری آب و خاک است (۲). استفاده مجدد از زه‌آب یک روش مهم و طبیعی در مدیریت زه‌آب است که سبب توسعه و حصول بیشترین فایده برای یک منبع آب و کمک به دفع مناسب و صحیح آب زهکش‌ها می‌شود (۳۲). با توجه به کمبود منابع آب در کشور، شناخت روش‌های مدیریتی و زراعی اصلاحی که بتوان از آب‌هایی با کیفیت پایین‌تر استفاده نمود، ضرورت می‌یابد (۶).

یک راهکار عملی برای افزایش عملکرد گیاه به منظور تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد جهان استفاده از گیاهان مقاوم به شوری می‌باشد (۲۴). کینوا گیاهی است که در شرایط بسیار سخت محیطی کشت می‌شود (۱۰) و به تنش‌های خشکی (۳۰) سرما و گرما (۵ و ۱۵) و شوری خاک (۱۶) متحمل بوده، گیاه کینوا یک گیاه شور پسند با تنوع زیاد در بین ژنوتیپ‌های مختلف می‌باشد (۷) و در بیشتر خاک‌ها از شنی تا رسی با اسیدیته ۴/۵ تا ۹ (۱۰) و شوری بیش از ۴۰ دسی زیمنس بر متر می‌تواند رشد نماید (۲۴ و ۱۱).

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که تحقیقات محدودی در زمینه‌ی استفاده مجدد از زه‌آب کشاورزی به‌عنوان یک منبع آب نامتعارف و شور انجام گردید. بیشتر تحقیقات انجام‌شده در مربوط به آبیاری (آب‌شور) با نمک‌های کلسیم کلرید و سدیم کلرید می‌باشد.

پژوهشی در یزد به منظور تعیین اثر سطوح مختلف رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا (رقم تیتیکا) توسط بیرامی و همکاران انجام گرفت (۴). در این پژوهش کینوا در دو فصل بهار و پاییز ۱۳۹۸ درون لایسیمتر کشت شد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری پس از تخلیه ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ کل آب قابل دسترس بود. نتایج نشان داد با افزایش تخلیه رطوبتی از ۰/۶ به ۰/۸ کل آب قابل دسترس، میزان عملکرد دانه و زیست توده در کشت بهار به میزان ۳۷ و ۲۴ درصد و در کشت پاییز به میزان ۴۷ و ۳۴ درصد کاهش یافت؛ اما اثر افزایش تخلیه رطوبتی از ۰/۲ به ۰/۴ و از ۰/۴ به ۰/۶ معنی دار نبود.

در تحقیقی با هدف بررسی تابع آب-عملکرد، تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد کینوا (رقم تیتیکا) توسط مسکینی و بیشکایی و همکاران اعمال شد (۱۹). طرح در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و سه تکرار انجام گردید. تنش کم آبی با شدت متوسط و زیاد (۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی) موجب کاهش معنی داری در میزان عملکرد دانه و زیست توده داشت در صورتی که اعمال تنش کم آبی با شدت کم (۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی) در هیچ یک از مراحل چهارگانه رشد تاثیر معنی داری بر صفات ذکر شده نداشت.

آزمایشی در منطقه جنوب مراکش به منظور بررسی واکنش گیاه کینوا (ICBA Q5) به شوری و کود فسفر انجام گردید. بوراس و همکاران این آزمایش را در سه سطح شوری شامل (۵، ۱۲ و ۱۷ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح کود فسفر (صفر، ۶۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) در قالب طرح کرت‌های خردشده انجام دادند (۶). نتایج نشان داد وزن بیوماس، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گیاه به طور معناداری تحت تاثیر شوری کاهش پیدا کرد. همچنین استفاده از کود فسفر در شرایط اعمال شوری، اثر شوری را کاهش و موجب افزایش عملکرد گیاه گردید.

پیغان و همکاران عملکرد گیاه کینوا (رقم تیتیکا) را تحت تنش شوری و کم آبیاری در دانشگاه شهید چمران اهواز مورد مطالعه قرار دادند (۲۲). تیمارهای آزمایش شامل سطوح شوری (آب رودخانه کارون به عنوان تیمار شاهد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح آبیاری شامل (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و آزمایش در قالب طرح آماری کرت‌های خردشده انجام گردید. نتایج نشان داد که تنش شوری و کم آبیاری بر عملکرد گیاه کینوا اثر منفی دارد. با این حال گیاه در بالاترین سطح شوری (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) و با آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری قادر به رشد و تولید محصول بود.

نشریه علوم آب و خاک

طالب نژاد و سپاس خواه در مطالعه‌ای اثر عمق‌های متفاوت آب زیرزمینی شور و شوری آب آبیاری را بر عملکرد و بهره‌وری کینوا (رقم تیتیکاکا) در لایسیمتر بررسی کردند (۲۷). عمق‌های آب زیرزمینی شامل ۰/۳، ۰/۵۵ و ۰/۸ متر با شوری معادل آب آبیاری و شوری آب آبیاری شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری کاهش معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد) در عملکرد دانه، ماده خشک ساقه، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و ارتفاع گیاه داشته است.

رزاقی و همکاران اثر سطوح مختلف شوری و خشکی خاک را بر عملکرد کینوا (رقم تیتیکاکا) در لایسیمتر در پنج سطح شوری (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر) مورد مطالعه قرار دادند (۲۴). سطوح شوری بین ۲۰ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای عملکرد دانه را کاهش داد. هم شوری و هم خشکی بهره‌وری آب ماده خشک را افزایش داد.

لانگ باهدف ارزیابی ویژگی‌های رشد و عملکرد کینوا تحت تنش شوری آزمایشی را در دانشگاه ملی کشاورزی ویتنام انجام داد (۱۸). دو رقم کینوا (Green و Red) و چهار غلظت NaCl (شاهد، ۴/۵، ۱۳/۷ و ۲۷/۴ دسی زیمنس بر متر) در قالب آزمایش فاکتوریل با سه تکرار قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شوری ارتفاع گیاه، تعداد برگ در ساقه اصلی، طول ریشه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه و وزن هزاردانه را کاهش داد.

جکوبسون و همکاران در تحقیقی اثر شوری بر عملکرد دانه در دو رقم کینوا را مورد مطالعه قرار دادند (۱۵). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد بین ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف شوری و ارقام گیاه کینوا نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

با توجه به دوره رشد کوتاه مدت (تقریباً ۱۱۵ روز) رقم Titicaca نسبت به دیگر ارقام دیررس کینوا (با دوره رشد ۲۱۰ روز)، این رقم برای کشت در دو فصل پیاپی پاییز و بهار. انتخاب گردید. لازم به ذکر است کشت بهاره گیاه کینوا در. اهواز تا کنون مشاهده نشده است. در مناطق گرم و خشک مانند استان خوزستان زهکشی امری اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین با توجه به کاهش کمیت و کیفیت آب منطقه و اهمیت کشت گیاه کینوا به‌عنوان یک گیاه شورپسند ارائه راه کارهایی که بتواند موجبات استفاده مجدد از زه‌آب‌های موجود در استان خوزستان به‌عنوان منبع آب نامتعارف و کاهش خسارات ناشی از آن گردد، هدف انجام این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید چمران اهواز در سال ۱۴۰۱ انجام گردید که از نظر موقعیت جغرافیایی در ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه و ۶۸ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. جدول (۱) داده‌های هواشناسی در طول فصل کشت را نشان می‌دهد. کشت پاییزه گیاه از آبان ماه ۱۴۰۱ آغاز و در اوایل اسفندماه ۱۴۰۱ به پایان رسید بعد از برداشت اول، کشت بهاره از اواخر اسفند ۱۴۰۱ آغاز و اوایل تیرماه ۱۴۰۲ برداشت انجام گردید. در این پژوهش از رقم Titicaca کینوا استفاده شد.

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی در طول دوره کشت پاییز و بهار

پارامتر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
متوسط سرعت باد (متر بر ثانیه)	۲/۹۵	۲/۶۸	۲/۹۷	۳/۵۸	۳/۵۴	۳/۷۲	۴/۱۸	۴/۹۱	۴/۴۰
متوسط دمای حداکثر (°C)	۳۱/۴	۲۵/۷۷	۱۶/۶۴	۱۸/۱۸	۲۷/۸۵	۳۰/۲۱	۳۹/۰۸	۴۴/۶۳	۴۷/۱۷
متوسط دمای حداقل (°C)	۱۷/۴۷	۱۳/۴۹	۹/۱۶	۸/۳۷	۱۳/۴۲	۱۵/۷۴	۲۱/۸۸	۲۹/۰۳	۲۹/۳۶
متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۵۶/۸۹	۵۸/۷۹	۸۶/۷۰	۶۹/۷۸	۵۸/۲۹	۴۸/۹۱	۲۵/۱۶	۱۹/۳۱	۱۵/۵۴
تبخیر از تشت (میلی‌متر)	۳/۰۲	۲/۲۷	۱/۱۴	۱/۹۲	۳/۲۹	۵/۱۵	۸/۷۷	۱۲/۶۵	۱۳/۱۵
مجموع بارش (میلی‌متر)	۱۲/۵۳	۱۵/۵۶	۱۱۱/۲۳	۳۱/۲۳	۴۰/۰۱	۳۲/۰۲	۲/۸۱	۰	۰

برای آماده‌سازی زمین قبل از کشت زمین محل آزمایش با استفاده از گاواهن برگردان دار شخم زده شد. سپس عملیات دیسک زدن برای خرد کردن کلوخه‌ها و آماده‌سازی بستر بذر انجام گردید. در مرحله بعد کرت‌بندی انجام شد. طول و عرض کرت‌ها برابر ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌ها ۵/۰ متر در نظر گرفته شد. روش کاشت به صورت دستی و بر روی ردیف‌های کاشت درون هر کرت انجام گرفت. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها بر روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر و مقدار بذر بر اساس تراکم ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار استفاده شد (۲۳ و ۸). به منظور یکسان بودن شرایط اولیه خاک پس از برداشت گیاه در فصل پاییز، کشت بهاره در کرت‌های آزمایشی جدید در امتداد کرت‌های قبلی

نشریه علوم آب و خاک

انجام گرفت. لازم به ذکر است که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در هر دوفصل کشت یکسان بود. تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها قبل از کشت و در جدول (۲) ارائه شده است.

در پژوهش حاضر از زه‌آب رقیق شده که از شبکه‌های آبیاری و زهکشی تحت پوشش شبکه بهره‌برداری زهره و جراحی تهیه شده بود، استفاده گردید. بعد از تهیه آب آبیاری از زه‌آب رقیق شده، تجزیه‌ی کیفی آب نیز صورت گرفت. قبل از شروع آزمایش و کشت، برخی از خصوصیات کیفی تیمارهای مختلف آب آبیاری اندازه‌گیری شد که در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق (cm)	جرم مخصوص (gr/cm ³)	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	FC درصد حجمی	PWP درصد حجمی	درصد اندازه ذرات خاک			
						بافت خاک	شن	سیلت رس	
۰-۳۰	۱/۵۴	۴/۳۴	۷/۴۸	۳۰/۸	۱۵/۳	لومی-رسی	۳۱	۳۲	۳۷
۳۰-۶۰	۱/۵۲	۵/۳	۷/۲۷	۳۱	۱۵/۶	لومی-رسی	۳۰	۳۴	۳۶

جدول ۳- مقادیر متوسط خصوصیات کیفی آب آبیاری در تیمارهای مختلف

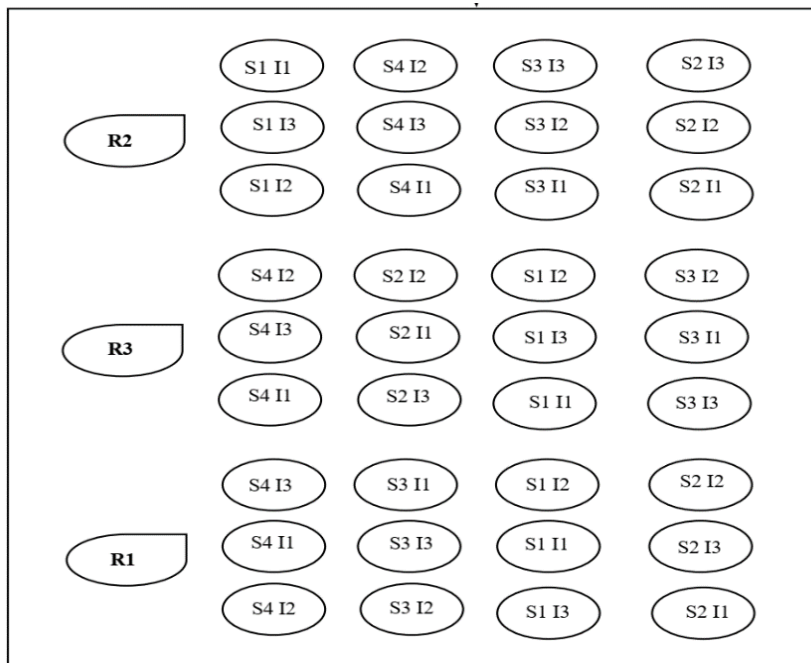
تیمار	CL ⁻	HCO ³⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	pH	SAR	EC (dS/m)	SAR	کلاس کیفی آب
S1	۹/۰۲	۲/۲۰	۰/۱۵	۳/۶۵	۴/۵	۷	۷/۸۰	۱/۵۲	۲	۱/۵۲	C3-S1
S2	۲۱۴/۳۲	۲/۷۸	۰/۴۰	۴۲/۱۷	۱۱	۱۱/۲۰	۷/۴۰	۱۲/۶۶	۱۰	۱۲/۶۶	C4-S2
S3	۲۱۱/۵۰	۲/۶۴	۰/۴۸	۷۸/۲۶	۱۱/۴۰	۱۰/۶۰	۷/۴۰	۲۳/۶۰	۱۵	۲۳/۶۰	C4-S3
S4	۲۱۱/۵۰	۲/۵۴	۰/۶۳	۱۲۴/۳۵	۱۱	۱۰/۸۰	۷/۵۰	۳۷/۶۶	۲۰	۳۷/۶۶	C4-S4

به منظور دستیابی به اهداف ذکر شده، این تحقیق بر روی گیاه کینوا در چهار سطح شوری شامل آب رودخانه کارون (S1) به عنوان تیمار شاهد، زه‌آب با شوری 10(S2)، 15(S3) و 20(S4) دسی زیمنس بر متر به عنوان عامل اصلی و سه سطح کم‌آبی شامل 100 (I1)، 80 (I2) و 60 (I3) درصد نیاز آبی به عنوان فاکتور فرعی در سه تکرار (R1) تکرار اول، R2 تکرار دوم و R3 تکرار سوم) در قالب کرت‌های خردشده و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید. تیمارهای شوری و آبیاری از همان ابتدای کشت در هر دو فصل اعمال گردید.

نشریه علوم آب و خاک

برای اجرای طرح تیمارها به صورت کاملاً تصادفی در واحدهای آزمایشی قرار گرفتند که این تیمار بندی با استفاده

از جدول اعداد تصادفی انجام گرفت شکل (۱) نمای طرح آماری این پژوهش را نشان می دهد.



شکل ۱-نمایی از طرح آماری پژوهش

عمق آب آبیاری بر اساس جبران کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی در محدوده عمق توسعه ریشه گیاه، با استفاده از معادله (۱) تعیین گردید. بدین منظور قبل از هر نوبت آبیاری رطوبت خاک به روش وزنی در منطقه توسعه ریشه گیاه اندازه گیری شد. چهار کرت با خصوصیات تیمار شاهد (شوری آب کارون و نیاز آبی ۱۰۰ درصد) در کنار دیگر کرت ها به منظور اندازه گیری رطوبت خاک در نظر گرفته شد.

$$dn = (\theta_{fc} - \theta_i) \cdot \rho_b \cdot D \quad (1)$$

در این رابطه θ_i رطوبت جرمی خاک قبل از آبیاری، θ_{fc} رطوبت جرمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3) و D عمق ریشه (mm) می باشد. مقدار آب مصرفی گیاه در تیمار شاهد در فصل پاییز و بهار به ترتیب ۲۵۵ و ۶۲۵ میلی متر و مقدار مجموع بارندگی برای هر دو فصل کشت به ترتیب ۱۷۰ و ۳۴ میلی متر بود. با توجه به مقدار آب برآورد شده برای هر تیمار در هر مرحله از آبیاری اختلاط آب با استفاده از معادله (۲) که در

نشریه علوم آب و خاک

زیر آمده است و با توجه به EC زه آب مورداستفاده و EC آب شاهد، شوری‌های موردنظر (۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) تهیه می‌شد.

$$EC_{adj} = \frac{(V_1 * EC_1) + (V_2 * EC_2)}{V_1 + V_2} \quad (2)$$

که در آن V_1 و V_2 به ترتیب حجم آب شاهد (آب کارون) و حجم زه آب، EC_1 و EC_2 به ترتیب شوری آب شاهد و شوری زه آب و EC_{adj} شوری تعادلی می‌باشد. پس از تعیین عمق آبیاری با توجه به ابعاد کرت‌ها، حجم آب مورد نیاز آبیاری برای هر تیمار تعیین گردید سپس به وسیله کنتور حجمی، آبیاری گیاه به صورت سطحی انجام گردید.

در طی فصل کشت و جین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد همچنین برای مبارزه با آفات از سم دیازینون با غلظت دو در هزار استفاده شد. برای کشت اول در تاریخ دوم و سوم اسفند ۱۴۰۱ و کشت دوم در تاریخ چهارم و پنجم تیر ۱۴۰۲ پس از رسیدن فیزیولوژیکی گیاه عملیات برداشت به صورت بریدن بوته از سطح خاک انجام گرفت و نمونه‌ها به منظور خشک کردن و توزین به آزمایشگاه منتقل شد. ارتفاع گیاه قبل از برداشت اندازه‌گیری شد. سنبله‌ها از شاخه جدا و پس از کوبیدن به منظور جداسازی کاه از دانه از الک شماره ۱۰ عبور داده شد. دانه‌ها در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و وزن هزاردانه خشک گردید. صفات مورد بررسی در این تحقیق شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی)، ارتفاع گیاه و وزن هزاردانه می‌باشد. جهت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا و همچنین برآزش داده‌ها و رسم منحنی‌ها از نرم‌افزارهای SAS 9.4 و Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی اثر آبیاری با زه‌آب بر عملکرد گیاه کینوا در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنالیز واریانس در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد (جدول ۴ و ۵) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

بررسی نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد در هر دو فصل کشت اثر تنش شوری بر روی عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع گیاه و وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. اثر تنش کم‌آبی بر روی عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع گیاه و وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد و بر روی شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد دارای اثر معنی‌دار است.

نشریه علوم آب و خاک

همچنین اثر متقابل تنش شوری و کم آبی برای کشت پاییز کینوا در سطح احتمال یک درصد بر روی عملکرد بیولوژیکی و بر روی شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار می باشد و اثر متقابل تنش شوری و کم آبی بر روی عملکرد دانه، ارتفاع گیاه و وزن هزاردانه معنی دار نمی باشد. در صورتی که در فصل بهار اثر متقابل تنش شوری علاوه بر عملکرد بیولوژیکی بر ارتفاع گیاه و وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار ایجاد کرد. بررسی دقیق هر یک از این موارد در ادامه صورت می گیرد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا در کشت پاییز

میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	ارتفاع گیاه	وزن هزاردانه	بهره وری آب نسبت به عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۳۶	۰/۰۸	۵۱/۱۴	۱۴۳/۳۰	۰/۰۹	۰/۰۷
تنش شوری (S)	۳	۱۰/۰۲**	۲۴۹/۹۲**	۷۴/۶۳ ^{ns}	۲۲۲۶/۱۰**	۱/۹۸**	۲/۰۶**
خطای (S)	۶	۰/۴۱	۰/۵۳	۳۹/۲۱	۱۶۴/۶۹	۰/۱۰	۰/۰۷
تنش کم آبی (I)	۲	۴/۶۸**	۴۷/۱۰**	۱۰۹/۱۷*	۹۷۳/۰۱**	۰/۵۱**	۰/۰۵ ^{ns}
S*I	۶	۰/۱۰ ^{ns}	۶/۷۱**	۱۲۰/۷۴*	۱۱۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
خطای S*I	۱۶	۰/۱۵	۰/۴۴	۲۹/۶۷	۶۱/۱۳	۰/۰۳	۰/۴۶

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح پنج و یک درصد و ^{ns} بدون اثر معنی دار

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا در کشت بهار

میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	ارتفاع گیاه	وزن هزاردانه	بهره وری آب نسبت به عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۱۱	۰/۲۷	۵/۸۵	۱/۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
تنش شوری (S)	۳	۸/۳۹**	۵۹/۸۹**	۵/۱۶ ^{ns}	۲۴۹۳**	۲/۷۳**	۰/۳۲**
خطای (S)	۶	۰/۱۱	۰/۱۴	۱۱/۶۹	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
تنش کم آبی (I)	۲	۱/۹۷**	۲۳/۵۸**	۶۸/۰۲*	۴۴۸**	۰/۲۲**	۰/۰۰۲ ^{ns}
S*I	۶	۰/۱۱ ^{ns}	۱/۰۱**	۴۱/۶۹ ^{ns}	۱۷/۷۷**	۰/۰۵**	۰/۰۰۴ ^{ns}
خطای S*I	۱۶	۰/۰۶	۰/۰۴	۱۷/۴۸	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۳

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح پنج و یک درصد و ^{ns} بدون اثر معنی دار

عملکرد دانه

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در تیمارهای شوری مختلف، در شکل (۲) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در فصل پاییز با افزایش شوری عملکرد دانه کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار آن ۴/۹۴ تن در هکتار در تیمار شاهد (شوری برابر دو دسی زیمنس بر متر) و کمترین مقدار آن در تیمار S4 برابر ۲/۶ تن در هکتار و در تیمارهای S2 و S3 به ترتیب برابر ۴/۰۴ و ۳ تن در هکتار می‌باشد. کاهش عملکرد برای تیمارهای S2، S3 و S4 نسبت تیمار شاهد به ترتیب برابر ۱۸/۲۶، ۳۹/۲۱ و ۴۷/۳۸ درصد می‌باشد و بیانگر این است که میزان کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری (از شوری دو دسی زیمنس بر متر تا شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر) معادل ۲/۶۳ درصد می‌باشد. همچنین در فصل بهار بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه به ترتیب برابر ۳/۲۹ و ۰/۹۸ تن در هکتار برای تیمارهای S1 و S4 به دست آمد. کاهش عملکرد دانه در فصل بهار به ازای هر واحد افزایش شوری ۳/۸۸ درصد مشاهده شد.

در تحقیق رزاقی و همکاران بیشترین مقدار عملکرد دانه گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) ۲/۳ تن در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در شوری ۲۰ دسی زیمنس بر متر ۱/۵ تن در هکتار و میزان کاهش عملکرد دانه ۳۴/۷۸ درصد گزارش شده است (۲۴). همچنین نتایج تحقیق کوپرو و عیسی نشان داد که شوری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه کینوا (رقم Hualhuas) داشت (۱۷). تنش شوری باعث افزایش فشار اسمزی، اختلال در جذب آب توسط ریشه، کاهش فتوسنتز گیاه، کاهش مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌گردد.

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در تیمارهای کم‌آبی در شکل (۲) نشان می‌دهد، بیشترین مقدار عملکرد دانه در فصل پاییز در تیمار I1 برابر ۴/۲۹ تن در هکتار می‌باشد؛ و پس از آن عملکرد دانه در تیمارهای I2 و I3 به ترتیب با مقادیر عملکرد برابر ۳/۶۱ و ۳/۰۴ تن در هکتار کاهش یافت که نشان‌دهنده کاهش ۱۵/۸ درصد برای تیمار I2 و ۲۹/۰۹ درصد برای تیمار I3 نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. بر اساس نمودار شکل (۲) بیشترین مقدار عملکرد در فصل بهار در تیمار I1 برابر ۲/۶۴ و کمترین مقدار آن ۱/۸۴ تن در هکتار در تیمار I3 مشاهده گردید و کاهش ۳۰ درصد عملکرد دانه در اثر افزایش تنش کم‌آبی را بیان می‌کند.



شکل ۲- تغییرات عملکرد دانه در سطوح شوری، سطوح کم آبی و سطوح شوری و کم آبی به صورت توأم

تنش خشکی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فتوسنتز تأثیر گذاشته و در نهایت باعث کاهش عملکرد می شود. همچنین تنش خشکی از طریق کاهش اندازه یا توقف رشد برگ، سطح فتوسنتز کننده گیاه را کاهش داده و از این طریق باعث کاهش رشد و در نهایت عملکرد رویشی گیاه می شود. مسکینی ویشکایی و همکاران بیان داشتند با اعمال تنش کم آبی از شدت کم (۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی)، شدت متوسط (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی) و شدت زیاد (۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی) مقدار عملکرد دانه کینوا (رقم تیتیکاکا) کاهش پیدا کرده است (۱۹). به طوری که بیشترین میزان آن در آبیاری کامل برابر ۳/۷ تن در هکتار و کمترین میزان آن برابر ۲/۱۱ تن در هکتار گزارش شد. تیلاهیجو و همکاران نیز گزارش کردند با افزایش تنش آبی در تیمارهای آبیاری کامل، آبیاری با ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه و آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه بر روی پنج رقم کینوا (KVL-SRA-2, KVL-SRA-3, Regalona, Q-37 و Q-52)، در هر رقم با افزایش تنش آبی عملکرد محصول کاهش پیدا کرده است (۲۸).

بر اساس جدول (۴) و جدول (۵) اثر متقابل تنش های شوری و کم آبی بر عملکرد دانه کینوا به طور مشابه در فصل پاییز و فصل بهار معنی دار نبود. در بررسی تیمارهای شوری و کم آبی با یکدیگر در نمودار شکل (۲)، مشاهده می شود که تیمار S1I1 با ۵/۴۵ تن در هکتار بیشترین عملکرد دانه و تیمار S4I3 در بیشترین سطح شوری آب آبیاری و کمترین سطح آبیاری، با ۱/۸ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را در فصل پاییز داشتند. بررسی نمودار اثر متقابل تنش

شوری و کم آبی در فصل بهار نشان می‌دهد تیمار S111 و تیمار S4I3 با مقادیر ۳/۸۷ و ۰/۷۳ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه می‌باشند.

پیغان و همکاران در بررسی اثر توأم تنش شوری و تنش کم آبی بیشترین مقدار عملکرد دانه کینوا (رقم تیتیکاکا) را در تیمار با آبیاری کامل و شوری پنج دسی زیمنس بر متر برابر ۶/۷۹ تن در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار آبیاری ۵۰ در نیاز آبی گیاه و شوری ۲۰ سی زیمنس بر متر برابر ۰/۸۶ تن در هکتار گزارش کردند (۲۲).

عملکرد بیولوژیکی

با توجه شکل (۳) ملاحظه می‌شود که عملکرد بیولوژیکی با افزایش شوری (از دو دسی زیمنس بر متر تا ۲۰ دسی زیمنس بر متر) کاهش می‌یابد. عملکرد بیولوژیکی در فصل پاییز از مقدار ۱۲/۱۷ تن در هکتار در تیمار شوری S1 به مقدار ۵/۷۱ تن در هکتار در تیمار شوری S4 رسیده و این کاهش حدود ۵۳/۰۸ درصد می‌باشد. میزان کاهش عملکرد بیولوژیکی به ازای هر واحد افزایش شوری حدود ۲/۹۴ درصد به دست آمد. کاهش عملکرد بیولوژیکی در شوری‌های S2 و S3 نسبت به شوری S1 به ترتیب ۱۷/۴۱ و ۴۶/۸۳ درصد محاسبه شد. در فصل بهار بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی ۹/۱۵ در تیمار S1 و کمترین مقدار آن ۲/۹۷ تن در هکتار به دست آمد با توجه به نتایج مقدار کاهش عملکرد بیولوژیکی به ازای هر واحد افزایش شوری در فصل بهار ۳/۷۵ درصد می‌باشد. افزایش دما در کشت بهاره و به تبع آن افزایش تبخیر از سطح خاک و تجمع نمک در خاک سبب کاهش سهم گیاه از مقدار آب آبیاری گردید. این عوامل اثر تنش‌هاش شوری و کم آبی بر عملکرد بیولوژیکی گیاه را تشدید کرد، بنابراین میزان کاهش عملکرد بیولوژیکی در فصل بهار نسبت به فصل پاییز بیشتر بود.

نتایج نشان می‌دهد که تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار در میزان عملکرد بیولوژیکی گیاه کینوا شده است، زیرا در شرایط تنش شوری وزن خشک اندام هوایی هم از طریق کاهش میزان رشد رویشی و هم از طریق کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش رشد رویشی و وزن خشک به دلیل کاهش آماس سلول‌ها در شرایط تنش شوری و متأثر از فرایندهای اسمزی است (۲۱). از علل دیگر کاهش رشد عملکرد گیاه در اثر شوری، بالا رفتن مصرف انرژی در گیاه برای خروج یون‌های سدیم مهاجم است که در محیط به مقدار فراوان وجود دارند. در نتیجه مصرف مقدار زیادی از

انرژی سلولی برای سازش و مقابله با تنش شوری است و در نهایت رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (۱۳). نتایج تحقیقات لانگ نشان داد که تنش شوری موجب کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاه کینوا (Green و Red) گردید (۱۸). طالب نژاد و همکاران بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) را به ترتیب مقدار ۷/۹۳ و ۷/۳۸ تن در هکتار در سطوح شوری ۱۰ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند (۲۷).

تنش کم‌آبی منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی کینوا گردید. حداکثر عملکرد بیولوژیکی کینوا در تیمارهای مختلف آبیاری، تحت آبیاری کامل مشاهده گردید که معادل ۱۰/۲۱ تن در هکتار بود. با کاهش سطح آبیاری به ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، عملکرد بیولوژیکی به ترتیب با ۹/۸ و ۳۷/۴۲ درصد کاهش، به ۹/۲۱ و ۶/۳۹ تن در هکتار کاهش یافت. همچنین به‌طور مشابه بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی در فصل بهار تحت آبیاری کامل با مقدار ۷/۶۷ تن در هکتار و پس‌از آن به ترتیب ۶/۵۶ و ۴/۸۹ تن در هکتار برای تیمارهای I2 و I3 مشاهده شد. در پژوهش مسکینی ویشکایی و همکاران کمترین میزان عملکرد بیولوژیکی گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) را در تنش آبی با شدت زیاد (۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی) برابر ۴/۹ تن در هکتار به دست آمد (۱۹). با مقایسه تیمارهای شوری و کم‌آبی مشاهده می‌شود که تنش شوری نسبت به تنش آبی اثر بیش‌تری در کاهش عملکرد بیولوژیکی داشته است. در فصل پاییز و بهار اعمال تنش آبی در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش ۳۷/۴۲ و ۳۶/۲ درصدی عملکرد بیولوژیکی کینوا در مقایسه با تیمار شاهد گردید اما آبیاری با شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، سبب کاهش ۵۳/۰۸ و ۶۷/۵۴ درصدی شد.

تأثیر توأم تنش‌های شوری و خشکی بر روی میانگین‌های عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بوده و در نمودار شکل (۳) نشان داده شده است. در هر سطح شوری با کاهش یافتن مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه عملکرد بیولوژیکی آن کاهش یافته است بطوریکه در فصل پاییز بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی در تیمار S1I2 برابر ۱۴/۴۳ تن در هکتار اما تیمار S4I3 با ۷۰ درصد کاهش نسبت به تیمار S1I2، عملکرد بیولوژیکی برابر ۴/۲ تن در هکتار داشت که در مقایسه با دیگر تیمارها، کم‌ترین بود. همچنین بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی با مقادیر ۱۰/۱۴ و ۱/۹۵ به ترتیب برای تیمارهای S1I1 و S4I3 در فصل بهار مشاهده گردید. در تحقیق پیغان و همکاران اثر متقابل تنش شوری و کم‌آبی بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود اما در هر سطح شوری با افزایش تنش کم‌آبی مقدار عملکرد بیولوژیکی کاهش پیدا کرد (۲۲).



شکل ۳- تغییرات عملکرد بیولوژیکی در سطوح شوری، سطوح کم آبی و سطوح شوری و کم آبی به صورت توأم

شاخص برداشت

تغییرات شاخص برداشت در شوری‌های مختلف در شکل (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که از نمودار مشخص است در فصل پاییز شوری شاخص برداشت را تحت تاثیر قرار داده اما این تاثیر دارای روند خاصی نمی‌باشد. بیشترین مقدار شاخص برداشت ۴۶/۷۵ درصد در تیمار S3 و کمترین مقدار آن ۴۰/۴۹ درصد در تیمار S2 می‌باشد. بین تیمارهای S1 و S3 و همچنین بین تیمارهای S1، S2 و S4 در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. تغییرات شوری بر روی شاخص برداشت فصل بهار در بین تیمارهای مختلف اثر معنی‌داری نداشت و بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت ۳۶/۷ و ۳۴/۸۵ به ترتیب در تیمار S2 و S4 مشاهده شد.

طالب نژاد و سپاس خواه کاهش شاخص برداشت کینوا (رقم تیتیکاکا) با افزایش سطوح شوری از ۱۰ تا ۴۰ دسی زیمنس بر متر گزارش را کردند (۲۷). زندی و همکاران نشان دادند که تغییرات شوری موجب شد تغییرات شاخص برداشت معنی‌دار شود همچنین پیغان و همکاران گزارش کردند که برای شاخص برداشت در سطوح مختلف شوری آب آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (۳۲ و ۲۲).

شاخص برداشت خود شاخصی وابسته به عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گیاه می‌باشد. اگرچه شوری باعث روند کاهشی در میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گیاه شده است اما شدت کاهش دو پارامتر ذکر شده تحت

شوری متفاوت می‌باشد بنابراین چنین به نظر می‌رسد با توجه به اثرپذیری شاخص عملکرد دانه و شاخص عملکرد بیولوژیکی گیاه، شاخص برداشت ممکن است دارای روند کاهشی معنادار، بدون روند خاص و یا بدون تفاوت معنی‌دار در سطوح مختلف شوری باشد.

تنش کم‌آبی موجب اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت کینوا در سطح احتمال پنج درصد شد. در کشت پاییز برای تیمار I3 که آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه انجام گرفت، شاخص برداشت ۴۷/۴۸ درصد محاسبه شد که از دو تیمار دیگر بیش‌تر بود. مقادیر شاخص برداشت در تیمارهای I1 و I2 که از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند و در یک گروه قرار می‌گیرند نیز به ترتیب برابر ۴۲/۵۳ و ۴۲/۰۲ به دست آمد.

در کشت بهار نیز اثر تنش کم‌آبی مانند اثر تنش شوری معنی‌دار نبود و همه تیمارها از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. بیشترین مقدار شاخص برداشت در تیمار I3 و پس‌از آن تیمار I2 و I1 به ترتیب با مقادیر ۳۸/۱۲، ۳۵/۹ و ۳۳/۳۷ درصد قرار گرفتند. بر اساس نتایج پژوهش بیرامی و همکاران اثر تیمارهای مختلف رطوبتی در دو فصل کشت بهار و پاییز بر شاخص برداشت کینوا (رقم تیتیکاکا) معنی‌دار نبود (۴).



شکل ۴- تغییرات عملکرد بیولوژیکی در سطوح شوری، سطوح کم‌آبی و سطوح شوری و کم‌آبی به صورت توأم

اثر متقابل تنش شوری و کم‌آبی از نظر آماری بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. با توجه به نمودار مشاهده می‌شود که بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب مربوط به تیمارهای S1I2 و S1I3 با مقادیر ۵۲/۸۲ و ۳۵/۲۵ درصد

می‌باشد. به جز در تیمار S1I3 که دارای بیشترین مقدار شاخص برداشت می‌باشد در هر سطح شوری با افزایش تنش کم‌آبی مقدار شاخص برداشت روند افزایشی داشته است. از نظر مرتبه هم با توجه به آنچه در نمودار میانگین‌ها مشاهده می‌شود، تیمارهای مختلف هرکدام در گروه‌های مختلفی قرار دارند و باهم تفاوت معنی‌داری پیدا کرده‌اند.

ارتفاع گیاه

همان‌گونه که از مقایسه جدول (۴) و جدول (۵) مشخص است کاهش ارتفاع گیاه در شوری‌های مختلف تفاوت معنی‌دار داشته است. بیشترین ارتفاع گیاه در فصل پاییز با میانگین ۹۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار شوری S1 و کمترین آن ۵۶/۶۷ سانتی‌متر آن مربوط به تیمار S4 می‌باشد. کاهش ارتفاع گیاه در شوری‌های S2، S3 و S4 نسبت به شوری S1 به ترتیب ۹/۶۷، ۲۲/۵۷ و ۳۹/۰۶ درصد محاسبه شد. در فصل بهار بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار S1 مقدار ۸۰/۹ سانتی‌متر و کمترین آن با ۴۴/۹ درصد در تیمار S4 مشاهده گردید.

تنش شوری باعث کاهش ارتفاع گیاه و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی شده است. به نظر می‌رسد کاهش ارتفاع گیاه با افزایش شوری آب آبیاری را می‌توان به اختلال در سیستم فتوسنتز و کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای ارسال به بخش‌های در حال رشد گیاه و در ادامه عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داد. افزایش شوری در محیط آب و ریشه باعث کاهش شدید رشد در اندام‌های هوایی و ساقه‌ی گیاهان می‌گردد و این امر سبب ایجاد خسارت زیادی به عملکرد گیاهان می‌گردد (۲۱).

اثرهای منفی شوری بر رشد گیاه، به علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، اثرهای ویژه یونی (تنش شوری)، عدم تعادل عناصر غذایی یا مجموعه‌ی این عوامل ایجاد می‌شود، لذا هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می‌کند فعالیت فتوسنتزی آن کاهش یافته و منجر به کاهش طول ساقه می‌گردد (۱۳).

در تحقیق لانگ بیشترین ارتفاع گیاه برای میانگین دو رقم کینوا (Red و Green)، مقدار ۲۷/۴۱ سانتی‌متر در تیمار شاهد و کمترین ارتفاع مقدار ۲۳/۰۹ سانتی‌متر در سطح شوری ۳۰۰ میلی مول گزارش شد (۱۸). طالب نژاد و سپاس خواه (۲۰۱۵) در تحقیق خود بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) را به ترتیب ۱/۳۷ و ۰/۸۸ متر گزارش

کردند (۲۷). نتایج زندی و همکاران نشان داد که تنش شوری موجب کاهش ارتفاع گیاه کینوا (رقم سانتاماریا) شده و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۳۲).



شکل ۵- تغییرات ارتفاع گیاه در سطوح شوری، سطوح کم آبی و سطوح شوری و کم آبی به صورت توأم

تنش کم آبی منجر به کاهش معنی دار در ارتفاع کینوا گردید. در فصل پاییز تیمار I1 با ۸۵/۲۵ سانتی متر بیشترین مقدار و با کاهش سطح آبیاری به ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، ارتفاع گیاه در تیمار I2 و I3 با کاهش ۹/۹۶ و ۲۱/۱۱ درصد به ترتیب به ۷۶/۷۵ و ۶۷/۲۵ سانتی متر مشاهده شد. با کاهش میزان آبیاری از آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به میزان ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل در فصل بهار، ارتفاع گیاه برای تیمارهای I1، I2 و I3 به ترتیب ۶۶/۸۹، ۵۴/۵۴ و ۵۴/۶۷ سانتی متر ثبت گردید. همچنین تنش آبی در فصل بهار موجب کاهش ۹/۵ و ۱۸/۲۶ درصد در تیمارهای I2 و I3 نسبت به تیمار I1 گردید.

آلوار-بلتران و همکاران گزارش کردند کاهش میزان آبیاری موجب کاهش ارتفاع گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) گردید و بیان داشتند بین تیمار آبیاری کامل و آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود نداشت اما در تیمار آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی کاهش قابل ملاحظه در ارتفاع گیاه داشت (۳). یازار و همکاران و بیرامی و همکاران نیز اعلام داشتند که تنش کم آبی کاهش ارتفاع گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) به دنبال داشته است (۴ و ۳۱).

مقایسه میانگین ارتفاع در تیمارهای شوری و تیمارهای کم آبی نشان می‌دهد تنش شوری حداکثر نسبت به تیمار شاهد سبب کاهش ۳۹/۰۶ و ۴۴/۹ درصدی ارتفاع در فصل پاییز و بهار بوده در صورتی که اعمال تنش آبی در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه تنها ۲۱/۱۱ و ۱۸/۲۶ درصد از ارتفاع کینوا را در مقایسه با تیمار آبیاری کامل، کاهش داد؛ و که بیانگر این است که تنش شوری بیش از تنش کم آبی بر روی ارتفاع گیاه تاثیر دارد.

بررسی جدول (۴) و جدول (۵) بیان می‌کند اثر متقابل شوری و کم آبی در بر روی ارتفاع گیاه در فصل پاییز معنی دار نبوده اما بر روی ارتفاع گیاه در فصل بهار دارای اثر معنی دار است. مشاهده روند کلی نمودار شکل (۵) نشان می‌دهد با افزایش تنش شوری و افزایش تنش کم آبی در هر سطح شوری ارتفاع گیاه کاهش پیدا کرده است. بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار SIII (تیمار شاهد با کمترین سطح شوری و آبیاری کامل) برابر ۱۰۹/۹۹ سانتی‌متر در فصل پاییز و ۸۸/۳۳ سانتی‌متر در فصل بهار و کمترین مقدار آن در تیمار S4I3 با حداکثر تنش شوری و کمترین میزان آب آبیاری برابر ۵۳ سانتی‌متر در فصل پاییز و ۴۰/۸۷ در فصل بهار به دست آمد. بیرامی و همکاران و پیغان و همکاران در پژوهش‌های خود بیان نمودند اثر متقابل تنش شوری و تنش کم آبی بر ارتفاع گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) معنی دار نبوده است (۲۲۴).

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که از نظر وزن هزاردانه بین سطوح مختلف شوری و کم آبی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار بود. شکل (۶) نشان می‌دهد که با افزایش شوری وزن هزاردانه کاهش پیدا کرده است به طوری بیشترین مقدار آن ۳/۴۴ گرم مربوط به تیمار S1 و کمترین مقدار آن در تیمار S4 به ۲/۴۱ گرم رسیده است و این میزان کاهش معادل ۲۹/۹۴ درصد کاهش در وزن هزاردانه می‌باشد. در فصل بهار نیز با افزایش شوری موجب کاهش وزن هزاردانه گردید، در تیمار S1 بیشترین میزان وزن هزاردانه ۳/۷۲ گرم و کمترین میزان آن در تیمار S4 ۲/۳۹ گرم مشاهده شد.

به طور کلی با افزایش شوری آب آبیاری، علاوه بر کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و ارتفاع گیاه، وزن هزاردانه نیز کاهش می‌یابد زیرا با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد شده که در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش یافته و سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (نصراللهی،

۱۳۹۴). در شرایط شوری، جذب مواد غذایی مختل شده و لذا کمبود مواد غذایی ممکن است باعث عدم تکامل و توسعه دانه می‌گردد. نتایج تحقیقات کوپرو و عیسی و لانگ نشان داد وزن هزاردانه در تیمارهای مختلف شوری تفاوت معنی‌دار داشته است و نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق را تأیید می‌کند (۱۷ و ۱۸)

اثر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبی در کنار یکدیگر، بر وزن هزاردانه کینوا در فصل پاییز تأثیر معناداری نداشت اما در فصل بهار تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ایجاد نمود. تغییر وزن هزاردانه در تیمارهای این آزمایش، از ۳/۶۱ گرم برای تیمار S3I1 تا ۲/۰۳ گرم برای تیمار S4I3 به‌دست آمد. همچنین در فصل بهار به ترتیب در تیمارهای S1I1 و S4I3 با مقادیر ۳/۹۲ و ۲/۱۸ گرم بیشترین و کمترین مقدار وزن هزاردانه مشاهده گردید.



شکل ۶- تغییرات هزاردانه در سطوح شوری، سطوح کم-آبی و سطوح شوری و کم-آبی به‌صورت توأم

بهره وری آب مصرفی

تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) در سطح احتمال یک درصد در هر دو فصل پاییز و بهار گردید. بر اساس نمودار شکل (۷) در فصل پاییز بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) در تیمار آبیاری شده با آب رودخانه کارون (S1) برابر ۲/۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد، تیمار S4 که متحمل بیش‌ترین شوری آب آبیاری یعنی ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر شده بود، با ۴۹/۰۸ درصد کاهش، تنها ۱/۱۱ کیلوگرم بر متر مکعب را در این ویژگی ثبت کرد. بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه در

تیمارهای S2 و S3 نیز به ترتیب برابر ۱/۷۸ و ۱/۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. در فصل بهار بیشترین و کمترین مقدار بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه در تیمارهای S1 و S2 به ترتیب ۰/۶۴ و ۰/۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴ و ۵) در دو فصل کشت پاییز و بهار، اثر تنش کم‌آبی بر روی بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) معنی‌دار نبود. در فصل پاییز گیاه کینوا تحت آبیاری کامل، به ازای هر متر مکعب آب مصرفی، ۱/۶۷ کیلوگرم دانه را ثبت نمود. کم‌آبیاری در سطوح ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی نیز، بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه را به ترتیب به ۱/۵۷ و ۱/۵۴ کیلوگرم بر متر مکعب تغییر داد. هم‌چنین در فصل بهار مقدار بهره‌وری آب مصرفی نسبت به عملکرد دانه گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) در سطوح مختلف تنش کم‌آبی I1، I2 و I3 به ترتیب برابر با ۰/۴۴، ۰/۴۴ و ۰/۴۲ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد.

اثر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبی بر روی بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) در دو فصل پاییز و بهار معنی‌دار نبود. این ویژگی در فصل پاییز برای گیاه کینوا از ۲/۳۹ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار S1I3 تا ۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار S4I3 و در فصل بهار از ۰/۷۱ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار S1I3 تا ۰/۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار S4I3 متغیر بود.

بررسی نمودار شکل (۷) بیان می‌کند بهره‌وری آب مصرفی گیاه در فصل بهار نسبت به فصل پاییز در تمام سطوح شوری و کم‌آبی کاهش پیدا کرد. در کشت پاییز در تیمار شاهد (آبیاری کامل و با شوری آب رودخانه کارون) گیاه کینوا با نیاز آبی ۲۵۵ میلی‌متر و ۱۷۰ میلی‌متر بارندگی در طول دوره رشد (جدول ۱) عملکرد دانه برابر ۵/۴۵ تن در هکتار داشت در صورتی‌که در کشت بهار با افزایش دما و افزایش میزان تبخیر و تعرق گیاه در تیمار شاهد با ۶۲۵ میلی‌متر نیاز آبی (افزایش ۲/۴۵ برابر نیاز آبی گیاه نسبت به فصل پاییز) عملکرد دانه ۳/۸۷ تن در هکتار به دست آمد.

به عبارت دیگر با استفاده از آب مصرفی گیاه در فصل بهار می‌توان سطح زیر کشت را میزان ۲/۴۵ برابر در فصل پاییز افزایش داد که نتیجه آن افزایش بهره‌وری آب و تولید ۱۳/۳۷ تن دانه (در سطح زیر کشت معادل) با استفاده از توسعه افقی سطح زیر کشت می‌باشد. صالحی و همکاران در کشت بهاره کینوا با شوری آب آبیاری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر در یزد بیشترین عملکرد دانه را ۱۴۲۲ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند در صورتی‌که مختاران و همکاران بیان کردند که در کشت زمستانه کینوا در خوزستان تولید بذر صورت نگرفت و عملکرد به صورت علوفه‌ای بود (۲۷ و ۲۲). بنابراین با

توجه به محدودیت منابع آب در استان خوزستان و عدم بارندگی و نیاز آبی زیاد در دوره کشت بهار گياه کینوا، کشت این محصول در فصل بهار توصیه نمی‌شود.



شکل ۷- تغییرات بهره‌وری نسبت به عملکرد دانه آب مصرفی در سطوح شوری، سطوح کم‌آبی و سطوح شوری و کم‌آبی به صورت توأم

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر آبیاری با زه‌آب کشاورزی در سطوح مختلف شوری و کم‌آبی بر روی گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) در دو فصل کشت پاییز و بهار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد کینوا (رقم تیتیکاکا) نشان داد که شوری و کم‌آبی بر روی برخی از صفات عملکردی کینوا اثر کاهشی معنی‌داری داشته است. شوری میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی را به میزان ۴۷/۳۸ و ۵۳/۰۸ درصد در فصل پاییز و به میزان ۷۰ و ۶۷/۵۴ درصد در فصل بهار کاهش داد در صورتی که تنش کم‌آبی با کاهش ۲۹/۰۹ و ۳۷/۴۲ درصد در فصل پاییز و ۳۰ و ۳۶/۲ درصد بر روی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اثر معنی‌دار ایجاد کرد. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده می‌توان این‌چنین نتیجه گرفت که تنش شوری در مقایسه با تنش کم‌آبی میزان تاثیر بیشتری بر روی کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کینوا داشته است.

با بررسی نتایج حاصل از این پژوهش مشاهده شد کاهش عملکرد دانه گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) در فصل پاییز برای تیمارهای شوری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت تیمار شاهد (۲ دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب برابر ۱۸/۲۶، ۳۹/۲۱ و

۴۷/۳۸ درصد بود که در بیشترین سطح شوری (۲۰ دسی زیمنس بر متر) مقدار کاهش عملکرد کمتر از ۵۰ درصد بوده است. با در نظر گرفتن عملکرد قابل قبول گیاه کینوا (۱۸/۲۶ درصد کاهش در عملکرد دانه) در شرایط استفاده از زه آب کشاورزی به عنوان یک منبع آب نامتعارف، کشت گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) در فصل پاییز تحت آبیاری با زه آب کشاورزی با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر پیشنهاد می شود. نتایج این پژوهش نشان می دهد که با توجه به محدودیت منابع آب شیرین و جود شبکه های زهکشی در استان خوزستان، کینوا می تواند به عنوان یک گیاه مناسب برای کشت پاییز در شرایط شور و کم آب، به ویژه در مناطق با منابع آب محدود، مورد استفاده قرار گیرد.

با این حال، برای بهینه سازی عملکرد گیاه، مدیریت مناسب تنش شوری و کم آبی ضروری است. این پژوهش اطلاعات مفیدی را برای کشاورزان و محققان در زمینه ی کشت کینوا در شرایط تنش شوری و کم آبی ارائه می دهد. یافته های این مطالعه می تواند به توسعه روش های پایدار برای تولید کینوا در مناطق با منابع آب محدود کمک کند.

به منظور تکمیل نتایج این پژوهش، نویسندگان این مقاله پیشنهاد می کنند کشت گیاه در طی چند فصل کشت بهاره تحت شرایط شوری و کم آبی با روش های آبیاری مختلف انجام گردد و عملکرد آن تعیین شود. همچنین پیشنهاد می شود با توجه به اهمیت مدیریت شوری در خاک در شرایط استفاده از زه آب به عنوان منبع آب نامتعارف، تغییرات کیفی خاک در تیمارهای مختلف در انتهای فصل کشت بررسی گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان نامه دوره دکتری تخصصی در دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز استخراج شده است. بدین وسیله از حمایت های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (GN: SCU.WI1402.281) تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- 1- Alaei, J., Mokari, M. and A. H. Ghaderi. 2023. The Simultaneous Effects of Salinity and Drought Stresses on the Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius*) under Climatic Conditions of Kashmar. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage* 17(3): 401-411 (in Farsi).
- 2- Aliyar, S., Aliasgharzad, N., Dabbagh Mohammadi Nasab, A. and S. Ostan. 2022. Effects of endophytic fungus *Serendipitaindica* on growth and nutritional characteristics of quinoa undersalinity stress conditions. *Journal of Sol Biology* 10(1): 1-20 (in Farsi).
- 3- Alvar-Beltrán, J., Saturnin, C., Dao, A., Dalla Marta, A., Sanou, J. and S. Orlandini. 2019. Effect of drought and nitrogen fertilisation on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions in Burkina Faso. *Italian Journal of Agrometeorology* (1):33-43.

- 4- Beyrami, H., Yazdani- Biouki, R. and M. Salehi. 2024. Effects of Different Levels of drought Stress on Yield and Yield Components of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). *Journal of Water and Sustainable Development* 10(4): 49-58 (in Farsi).
- 5- Bois, J.F., Winkel, T., Lhomme, J.P., Raffailac, J.P. and A. Rocheteau. 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: effects on germination, phenology, growth and freezing. *European Journal of Agronomy* 25: 299–308.
- 6- Bouras, H., Choukr-Allah, R., Amouaouch, Y., Bouaziz, A., Devkota, K. P., El Mouttaqi, A. and A. Hirich. 2022. How Does Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Respond to Phosphorus Fertilization and Irrigation Water Salinity?. *Plants* 11(2): 216.
- 7- Cai, Z. Q., and Q. Gao. 2020. Comparative physiological and biochemical mechanisms of salt tolerance in five contrasting highland quinoa cultivars. *BMC Plant Biology* 20(1): 1-15.
- 8- Coccozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R. and R. Tognetti. 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.
- 9- Dehghani, M., Shiresmaili, G. and F. Parsadoost. 2014. Investigating the effect of irrigation water salinity on three commercial sunflower hybrids. *Journal of Water Research in Agriculture* 28(1): 191-199 (in Farsi).
- 10- Geerts, S.D., Raes, M., Gracia, R., Miranda, J.A., Cusicanqui, C., Taboada, J., Mendoza, R., Huanca, A., Mamani, O., Condori, J., Mamani, B., Morales, V. and P. Osco. 2009. Simulating yield response of Quinoa to water availability with AquaCrop. *Agronomy journal* 101(3): 499-508.
- 11- Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.E. and S. Shabala. 2011. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of experimental botany* 62: 185–193.
- 12- Heidarinia, M., Boroomand Nasab, S., Naseri, A. and M. Albaji. 2017. AquaCrop model evaluation to estimate of Maize yield and soil salinity under different agriculture managements and irrigation with saline water. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 48(1): 49-61 (in Farsi).
- 13- Homaei, M. 2003. Plant Responses to Salinity. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage.
- 14- Hosseini, T., Khosh Ravesh, M., Ziyatbar Ahmadi, M. and A. Ghadami Firouzabadi, A. 2016. Evaluation of Soybean Yield by AquaCrop Model under Salinity and Deficit Irrigation Management. *Journal of Water Research in Agriculture* 30(3): 361-372 (in Farsi).
- 15- Jacobsen, S. E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L. A., Corcuera, L. J. and A. Mujica. 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy* 22: 131–139.
- 16- Jacobsen, S. E., Mujica, A. and C. R. Jensen. 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. *Food reviews international* 19: 99–109.
- 17- Koyro, H. W. and S. S. Eisa. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant and Soil* 302(1-2): 79-90.
- 18- Long, N. V. 2016. Effects of salinity stress on growth and yield of quinoa. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences* 14(3): 321-327.
- 19- Meskini-Vishkaee, F., Tafteh, A., Jafarnejadi, A. and M. Goosheh. 2023. Investigating the effect of periodic water deficit stress on quinoa plant yield and determining the quinoa water-yield function in a saline soil (case study -Khuzestan province). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage* 16(6): 1255-1265. (in Farsi).
- 20- Mokhtaran, A., Tavoosi, M., Varjavand, P. and S. Sepehri Sadeghian. 2020. Investigation of the Effects of Sugarcane Drainage Water for Quinoa Cultivation in Southern Khuzestan on Crop Yield and Soil Salinity and Sodicity Changes. *Journal of Water Research in Agriculture* 34(3): 337-354 (in Farsi).
- 21- Nasrolahi, A.H. 2014. The study on effect of drip irrigation different managements with saline water on corn yield and salt distribution in root zone. "Ph.D" Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz.
- 22- Peyghan, K., Golabi, M., and M. Albaji. 2020. Simulation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) yield and soil salinity under salinity and water stress using the SALTMED model. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 51(18): 2361-2376.
- 23- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E. and R. d'Andria. 2012. Yield and Quality Characteristics of Quinoa Grown in Open Field Under Different Saline and Non-Saline Irrigation Regimes. *Journal of Agronomy and Crop Science* 198(4): 254-263.
- 24- Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Adolf, V.I., Jensen, C. R., Jacobsen, S. E. and M. N. Andersen. 2011. Water relations and transpiration of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity and soil drying. *Journal of agronomy and crop science* 197: 348–360.

- 25- Sadegh Mansoori, R., Golabi, M., Broumand Nasab, S. and M. Salehi. 2019. The Effect of Salinity and Water Deficit on Yield and Yield Components of Kochia Scoparia L. in Hot and Dry Weather Conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 50(7): 1825-1841 (in Farsi).
- 26- Salehi, M., Dehghany, F., Soltani Gerdfarmarzi, V. and N. Besharat. 2021. Identify the effective traits for the selection of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) lines in spring cultivation under saline condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 14(4): 1041-1054 (in Farsi).
- 27- 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. *Agricultural Water Management* 148(Supplement C): 177-188.
- 28- Telahigue, D.C., Yahia, L.B., Aljane, F., Belhouchett, K. and L. Toumi, L. 2017. Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under drought stress. *Journal of scientific agriculture* 1:222-232.
- 29- Tooragzadeh, O., Piri, H., Naserin, A. and M. M. Chari. 2023. Investigation the effect of biochar and irrigation water salinity on yield indicators and protein percentage of quinoa in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage* 17(4): 597-610. (in Farsi).
- 30- Vacher, J. J. 1998. Responses of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: significance of local adaptation. *Agriculture, ecosystems & environment* 68:99-108.
- 31- Yazar, A., Incekaya, Ç., Sezen, S.M. and S. E. Jacobsen. 2015. Saline water irrigation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under Mediterranean conditions. *Crop and Pasture Science* 66(10):993-1002.
- 32- Zandi, S., Soltani Mohammadi, A., Golabi, M. and S. B. Andarzian. 2020. The Effect of Irrigation with Drainage Water on Quinoa Performance in Ahvaz Weather Conditions. *Irrigation Sciences and Engineering* 43(3): 45-52 (in Farsi).

Investigation the Use of Irrigation with Drainage Water at Different Salinity and Water Stress Levels on Quinoa Yield and Yield Components (Case Study in Ahvaz Climate Conditions)

- 1- PhD Candidate in Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz
- 2- Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University, boroomand@scu.ac.ir
- 3- Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University

Abstract:

Quinoa, a nutritionally-rich crop with remarkable adaptability to unfavorable environments, exhibits a high tolerance to salinity. Reusing agricultural drainage water is a natural and important method in drainage management that increases farmers' income, sustainable production, and food security. This study aims to investigate the effects of irrigation with agricultural drainage water, salinity stress, and water deficit on the yield and yield components of quinoa (*Titicaca*) under salinity levels of 2, 10, 15, and 20 dS/m and irrigation levels of full irrigation, 80%, and 60% of the crop water requirements. The experiment was conducted with three replications using a split-plot design with a randomized complete block design (RCBD) at the experimental farm of the Faculty of Water and Environmental Engineering at Shahid Chamran University of Ahvaz, during the fall and spring seasons of the years 2022 and 2023. The plant's water requirement was determined gravimetrically by measuring soil moisture before each irrigation and increasing it to field capacity. After seed germination and from the start of cultivation, the various treatments were imposed. Upon their physiological maturity, the plants were harvested by cutting at the soil surface, and the samples were transported to the laboratory for drying and yield component analysis.

The results revealed that salinity stress had a more pronounced impact on reducing quinoa yield and yield components compared to water stress. The highest and lowest grain yields were observed in the autumn season, reaching 5.45 and 1.8 t/ha under the treatments of S1I1 and S4I3, respectively. Similarly, in the spring season, the highest and lowest grain yields were 3.87 and 0.73 t/ha under the same treatments, respectively.

Keywords: Water stress, Harvest index, Salinity, Unconventional waters.