

Research Article

Agricultural Engineering., 47(1) (2024) 111-127
DOI: 10.22055/agen.2024.45547.1702

ISSN (E): 2588-526X
ISSN (P): 2588-5944

Effects of Different Moisture and water Salinity Levels on Some Morphological Traits and Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Field Condition

H. Beyrami^{1*}, H. Parvizi¹, A. Parnian¹ and H. Hatami¹

1. Assistant professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

Received: 13 December 2023 Accepted: 4 March 2024 *Corresponding Author: beyrami.h@hotmail.com

Abstract

Introduction: Soil and water salinization is a worldwide problem in agriculture, especially in irrigated areas, causing decrease in crop yield and the continuous loss of arable fields. Halophytes are the natural genetic source of salt tolerance traits and can be used for revegetation and remediation of salt-affected lands, and also as an alternative crop or biofuel. Due to the limited quality of water resources in the country and considering that the major regions of Iran's area are considered to be arid and semi-arid, it is important to cultivate plants with high tolerance to environmental stresses such as drought and salinity. The quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant is important because of its ability to be cultivated in saline areas and irrigated with saline water. According to previous research, quinoa is an optional halophyte, and its irrigation is possible up to sea level salinity. Quinoa is one of the plants that has outstanding economic and agronomic advantages among the crops; it is particularly important in terms of forage production. There is no reliable and accurate information about the amount of water consumption by this plant in Iran. Considering the climatic characteristics and water shortages in the country, as well as the development plan for the cultivation. This plant due to its high nutritional value, attention to its water requirement becomes more important. The importance of precise irrigation design and planning is needed in order to improve the performance of irrigation water usage in this region. The effects of different levels of moisture and salinity on the yield, some morphological traits, and some yield components of the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Materials and Methods: This research was conducted was aimed in field conditions during two growing seasons (2020-2022) in Yazd, Iran. The experiments were carried out in a factorial experiment in a randomized complete block design, which included two irrigation water salinity levels of 5 and 12 dS/m and four irrigation levels of 60, 80, 100, and 120% to provide the amount of allowable moisture depletion (MAD equal to 50%) in the root zone, in three replications. Experimental plots were designed with dimensions of 5×7 meters. Applying the amount of irrigation was done according to the determination of the field capacity levels and the permanent wilting point moisture measured (using a pressure plate device) before the start of the experiments. The amount of soil moisture in each of the plots was measured at the root zone, and based on the treatments, the amount of water required was calculated, and irrigation was applied. Irrigation was carried out in the form of flooding, and the volume of irrigation water for each treatment was controlled by the volume contour and applied separately at each interval. At the end of the experiment, quinoa was harvested in a one-square-meter grid, and then plant height,



panicle length and width, and stem diameter were measured. After the plant's air drying, the weight of the seeds and the weight of the whole shoot were measured in different treatments.

Results and Discussion: The results showed that the different levels of salinity and soil moisture cause significant changes in biomass yield, seed yield, and harvest index. Also, the results indicated that changes in salinity levels and moisture levels caused significant differences in plant height, stem diameter and panicle length, panicle width, and 1000-seed weight ($P < 0.01$), but their interaction was not significant. For two levels of salinity, the maximum biomass (9.28 tons/ha) was observed by supplying 100% of the depleted soil moisture based on MAD = 50%. According to the yield-water use function, the maximum seed yield for 5 and 12 dS/m irrigation water salinity was observed in treatments that supplied 115% and more than 120% of depleted soil moisture based on MAD = 50%, respectively. With the increase in salinity stress from 5 to 12 dS/m, biomass weight decreased by 23% and seed yield decreased by 17%. Based on the results, the average volume of applied water in fall cultivated quinoa under the 5 dS/m irrigation water salinity was 4900 m³/ha during the growth season (90 days).

Conclusion: In the autumn planting of the Titicaca variety of quinoa, with a planting period of about 90 days in arid and semi-arid regions like Yazd (Iran), water consumption is about 450 to 550 mm. But in conditions of moisture deficiency, it is possible to grow this plant. Because it has a lower yield reduction slope than other plants under drought and salt stress conditions. Furthermore, the results indicated that the salinity of the soil profile increased in deficit irrigation conditions (60% and 80% of depleted soil moisture based on MAD = 50%) due to the lack of leaching requirements.

Key words: *Soil moisture deficit, maximum allowable depletion, salinity stress, yield*

اثر سطوح مختلف رطوبتی و شوری بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) در شرایط مزرعه‌ای

حسین بیرامی^{۱*}، حسین پرویزی^۱، امیر پرنیان^۱ و حدیث حاتمی^۱

۱- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

چکیده	تاریخچه مقاله
<p>گیاه کینوا به دلیل قابلیت کشت در نواحی شور و آبیاری با آب‌های شور دارای اهمیت می باشد. تحقیق حاضر به منظور تعیین آب مصرفی کینوا (رقم تیتیکاکا) در کشت پاییزه و در شرایط کاربرد تنش خشکی و شوری طی دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۳۹۹) انجام شد. آزمایشات به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی شامل دو سطح شوری آب آبیاری ۵ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و چهار سطح آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تأمین مقدار تخلیه مجاز رطوبتی از عمق ریشه بود که هر کدام در سه تکرار انجام گردید. نتایج نشان داد تغییرات سطوح شوری و سطوح رطوبتی موجب اختلاف معنی‌دار در صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول پانیکول، عرض پانیکول، وزن هزار دانه، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت ($P < 0.01$) شده است، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. برای هر دو سطح شوری، بیشترین وزن زیست توده در سطح رطوبتی تأمین ۱۰۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی مشاهده شد. بر اساس توابع عملکرد در برابر آب مصرفی، بیشترین عملکرد دانه در سطوح شوری ۵ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در سطوح رطوبتی تأمین حدود ۱۱۵ درصد و بالاتر از ۱۲۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی مشاهده شد. بر اساس نتایج، میزان آب مصرفی منجر به حداکثر عملکرد در گیاه کینوا رقم تیتیکاکا در شرایط کاربرد آب آبیاری ۵ دسی‌زیمنس بر متر، در کشت پاییزه و برای یک دوره تقریباً ۹۰ روزه برابر ۴۹۰۰ مترمکعب در هکتار بود. همچنین نتایج نشان داد که در تیمارهای کم آبیاری (تأمین ۶۰ و ۸۰ درصد مقدار تخلیه بر اساس MAD برابر ۵۰٪) به دلیل عدم تأمین آبشویی، شوری در پروفیل خاک افزایش می‌یابد.</p>	<p>دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴</p> <p>کلمات کلیدی: تنش شوری، حداکثر تخلیه مجاز، عملکرد، کمبود رطوبت</p> <p>*عهده‌دار مکاتبات Email: beyrami.h@hotmail.com</p>

خاک‌هایی تحت تأثیر املاح شده است (۳). در سراسر جهان، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) تخمین زده است که حدود ۱/۲ میلیارد هکتار از اراضی

مقدمه

تغییر شرایط آب و هوایی و استفاده نامناسب از اراضی کشاورزی طی چند دهه اخیر منجر به توسعه

تحت تأثیر شوری قرار دارد. عدم استفاده بهینه از آب، محدودیت منابع و نیازهای فزاینده‌ی بشری به آب و غذا، ایجاب می‌کند تا محققان با اعمال شیوه‌های مدیریتی، به‌صرفه جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری آبیاری اقدام کنند. گیاهانی مانند کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) از ویژگی‌های خاصی برای زنده ماندن در برابر تنش شوری و سازگاری با محیط شور در کل مراحل رشد برخوردار هستند (۱ و ۱۶). کینوا به دلیل ارزش غذایی و تحمل به تنش‌های غیر زیستی و تنوع ژنتیکی گسترده، توجه جهانی را به خود جلب کرده است (۱۳). با توجه به خصوصیات اقلیمی و کمبود آب در کشور و هم‌چنین توسعه کشت این محصول با توجه به ارزش غذایی بالای آن، توجه به نیاز آبی آن اهمیت خاصی پیدا می‌کند. به همین دلیل اهمیت طراحی و برنامه‌ریزی دقیق آبیاری به‌منظور استفاده بهتر از آب آبیاری در این منطقه نیاز می‌باشد. کینوا یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری موردنیاز از طریق کشت در اراضی کم‌بازده و شور می‌باشد. طبق مستندات موجود، کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری است و کشت آن تا شوری سطح دریا امکان‌پذیر است (۱ و ۱۴). به طور کلی، کینوا یکی از گیاهانی است که در بین شورزیست‌ها دارای خصوصیات برجسته اقتصادی و زراعی بوده و علاوه بر تولید روغن و پروتئین، از نظر تولید علوفه نیز حائز اهمیت است (۶). این گیاه به دلیل ارزش غذایی بالا با پروتئین زیاد (حدود ۱۶ درصد) و تعادل مناسب کربوهیدرات، اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی و اسانس شناخته شده است. علاوه بر این، کینوا دارای یک سیستم بسیار کارآمد برای تنظیم فشار اسمزی برای تنش افزایش ناگهانی کلرید سدیم است (۱۲). کینوا را می‌توان در بسیاری از محیط‌های مبتلا به خشک‌سالی و یا تنش شوری که در حال حاضر دارای بهره‌وری بسیار پایین هستند کشت کرد (۱۵).

الگسیبی و همکاران^۱ (۲) اثر دوره‌های مختلف آبیاری (دوبار در هفته، یکبار در هفته و یکبار در دو هفته) را بر روی رشد و عملکرد محصول کینوا در مصر مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش حجم آب مصرفی صفات زراعی مانند شاخص برداشت، تعداد دانه و عملکرد محصول (دانه و علوفه) کاهش یافت. همچنین آنان مقدار ضرایب گیاهی کینوا در ابتدا، میانه و انتهای فصل رشد را به ترتیب ۰/۵، ۱ و ۰/۲۵ برآورد نمودند. یازار و همکاران^۲ (۲۳) به بررسی مزرعه‌ای پاسخ محصول کینوا به آبیاری با آب غیر شور و شور در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ در آدانا ترکیه پرداختند. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری کامل با آب غیر شور و آبیاری کامل با آب شور با شوری‌های متفاوت (۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر)، کم آبیاری با آب غیر شور (۵۰٪، ۷۵٪ و آبیاری کامل) و کم آبیاری با آب شور ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج آنان نشان‌دهنده کاهش جزئی محصول دانه در آبیاری با آب شور تا سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با آب غیر شور بود.

جمالی و همکاران (۱۸) در تحقیق خود چهار سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی کینوا (به ترتیب T1، T2، T3 و T4) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که بیشترین و کمترین میزان از شاخص تنش آبی محصول^۳ (CWSI) به ترتیب در تیمارهای T4 (با ۰/۷۲) و T1 (با ۰/۰۵) مشاهده شد. مقادیر متوسط CWSI در تیمارهای مختلف T1، T2، T3 و T4 در روز قبل از آبیاری، به ترتیب برابر با ۰/۰۵، ۰/۱۹، ۰/۴۸ و ۰/۷۲ بود. کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ درصد نیاز آبی منجر به افزایش ۳/۸ برابری در شاخص CWSI شد. نتیجه تحقیقات مصطفائی و همکاران (۲۱) نشان داد که اجزای عملکرد در مواجهه با شرایط کم آبیاری، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، نتایج سطوح آبیاری و تراکم نشان داد که

1- Algosaiibi et al.

2- Yazar et al.

3- Crop Water Stress Index

۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد از مقدار مجاز تخلیه رطوبت خاک تا $MAD^2=50\%$ و در سه تکرار و به صورت کشت پاییزه طی دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۳۹۹) انجام گردید. خصوصیات فیزیکی (مانند بافت، رطوبت رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت نقطه پژمردگی دائم) و شیمیایی (مانند هدایت الکتریکی، واکنش خاک و غلظت عناصر ماکرو) به روش‌های متداول آزمایشگاهی در خاک مورد نظر اندازه‌گیری گردید. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. تیمارهای آبیاری با توجه به کسری رطوبت خاک پیش از آبیاری (اندازه‌گیری شده با دستگاه تاپروب مدل ML2) در عمق ریشه که با توجه به رشد ریشه گیاه از عمق صفر الی ۳۰ سانتی‌متری در ابتدای کشت تا حدود ۵۰ سانتی‌متری در انتهای فصل رشد تعیین گردید.

اعمال مقدار آبیاری با توجه به تعیین سطوح رطوبتی ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم (با استفاده از دستگاه صفحات فشاری) اندازه‌گیری شده پیش از شروع آزمایشات انجام گردید. بدین ترتیب که با توجه به داشتن این اطلاعات، در روز آبیاری میزان رطوبت خاک در هر یک از کرت‌ها در عمق ریشه با استفاده از دستگاه تاپروب اندازه‌گیری شده و با توجه به رطوبت میانگین لایه خاک، میزان آب آبیاری محاسبه و اعمال گردید. کرت‌های آزمایشی با ابعاد طول ۷ متر و عرض ۵ متر به طوری که بین هر یک از کرت‌ها یک متر فاصله باشد، طراحی شد. شروع کشت در سال اول، روز دوم شهریور ۱۳۹۹ و برداشت آخر آبان این سال بود، کشت سال دوم در دوم شهریور ۱۴۰۱ و تاریخ برداشت آخر آبان ۱۴۰۱ بود. کشت به صورت بذری و فاصله خطوط کشت از هم ۳۰ سانتی‌متر بود و برای سهولت کنترل و دقت در اعمال میزان آب مورد نیاز، آبیاری‌ها از طریق لوله‌گذاری و نصب کنتور حجمی انجام شد.

همچنین خصوصیات شیمیایی آب استفاده شده برای آبیاری در این پژوهش در جدول ۲ آورده شده است. هدایت الکتریکی مورد نیاز آب با استفاده از سیستم اختلاط آب در مزرعه تحقیقات شوری صدوق تأمین گردید. با استفاده از

بالاترین عملکرد در ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تراکم ۱۰۰ بوته به میزان $4268/52$ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و سطح بهینه تراکم در سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی، به ترتیب ۱۱۳، ۱۰۵ و ۸۰ بوته در متر مربع بود. مسکینی و بیشکایی و همکاران^۱ (۲۰) بیان نمودند که بیشترین عملکرد دانه کینوا در تیمار آبیاری کامل (۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) با نیاز آبی ۳۱۲ میلی‌متر بود. همچنین آنان گزارش نمودند، با وجود اینکه کینوا گیاهی متحمل به خشکی است اما باید توجه کرد که اعمال تنش کم آبی در دو مرحله اولیه و میانی (مراحل حساس به تنش کم آبی گیاه کینوا)، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد کینوا خواهد شد. با توجه به خصوصیات اقلیمی و کمبود آب در کشور و هم چنین توسعه کشت این محصول با توجه به ارزش غذایی بالای آن، توجه به نیاز آبی آن اهمیت خاصی پیدا می‌کند. به همین دلیل اهمیت تعیین اثر تنش شوری و خشکی بر عملکرد کینوا با توجه به گسترش کشت این گیاه در کشور با اهمیت می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر تنش شوری و خشکی بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک کینوا در منطقه مرکزی ایران انجام یافت.

موارد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقات شوری صدوق واقع در شهرستان اشکذر استان یزد با مختصات جغرافیایی $31^{\circ}10'0''$ شمالی و $54^{\circ}14'13''$ شرقی انجام شد. منطقه از نظر اقلیمی بر اساس روش دومارتن اصلاح شده، دارای اقلیم فرا خشک سرد می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه ۶۹ میلی‌متر، میانگین پتانسیل تبخیر سالانه ۳۰۹۰ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بیشینه و کمینه مطلق دمای سالانه به ترتیب ۴۴ و $6/5-$ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است.

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو سطح شوری ۵ و ۱۲ دسی زمینس بر متر آب آبیاری و چهار سطح متفاوت نیاز آبیاری

طول و عرض پانیکول، و قطر ساقه اندازه گیری و پس از خشک شدن، عملکرد دانه، وزن کل اندام هوایی و شاخص برداشت در تیمارهای متفاوت اندازه گیری شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار ایکسل ۲۰۱۳ Excel و برای آنالیز داده‌ها از نرم افزارهای SPSS 16.0 و SAS استفاده گردید و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

سیستم موجود آب با هدایت الکتریکی پایین (۲ dS/m) با آب با هدایت الکتریکی بالا (حدود ۲۰ dS/m) در نسبت‌های مختلف اختلاط یافته و هدایت الکتریکی مورد نظر (۵ یا ۱۲ دسی زیمنس بر متر) تهیه گردید.

مقدار کل آب قابل دسترس (TAW) با استفاده از اختلاف بین رطوبت نقطه ظرفیت مزرعه‌ای (FC) و رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (PWP) و با در نظر گرفتن عمق خاک ناحیه توسعه ریشه محاسبه شد (معادله ۱).

$$TAW = Z_r(\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \quad (\text{معادله ۱})$$

که در این معادله TAW عمق کل آب در دسترس θ_{FC} ، (cm) رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای‌های (سانتی‌متر مکعب آب در سانتی‌متر مکعب خاک)، θ_{PWP} رطوبت نقطه پژمردگی دائم‌های (سانتی‌متر مکعب آب در سانتی‌متر مکعب خاک)، و Z_r عمق ناحیه ریشه (سانتی‌متر) می‌باشد. Z_r با توجه به توسعه ریشه گیاه در طول فصل متغیر می‌باشد.

آبیاری به شکل غرقابی انجام و حجم آب محاسبه شده برای هر تیمار، از طریق کنتور حجمی کنترل و به تفکیک اعمال شد. میزان عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک و علائم کمبود به خصوص از نظر نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار در سه مرحله قبل از کشت، غنچه‌دهی و گل‌دهی، هر مرحله ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار قبل از کشت) به صورت کودی به خاک اضافه شد. زمان قطع آبیاری در انتهای فصل هم‌زمان با شروع تغییر رنگ گیاه بود. در انتهای فصل رشد، مجموع حجم آب مصرفی در هر تیمار محاسبه گردید. همچنین میانگین ماهانه برخی پارامترهای هواشناسی در جدول ۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که به دلیل عدم وقوع بارش قابل توجه در طول فصل رشد، سهم بارندگی در تامین آب مصرفی برابر با صفر بود. در انتهای آزمایش، برداشت کینوا به صورت دستی در شبکه‌های یک در یک متر انجام و ارتفاع گیاه،

جدول (۱) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در زمان شروع آزمایش
 Table (1) Some physical and chemical properties of the studied soil at the beginning of the experiment

value مقدار	Unit واحد	properties ویژگی
61.4	%	Sand شن
19.6	%	Silt سیلت
19	%	Clay رس
Sandy loam لوم شنی	-	Soil texture class کلاس بافت خاک
14.16	dS m ⁻¹	EC _e
7.60	-	pH
0.32	%	Organic carbon کربن آلی
0.03	%	Total nitrogen ازت کل
117.9	mg kg ⁻¹	Potassium پتاسیم
17.6	mg kg ⁻¹	Phosphorus فسفر
31	% (vol.)	Field capacity moisture رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای
9	% (vol.)	Permanent wilting point moisture رطوبت نقطه پژمردگی دائم

جدول (۲) خصوصیات شیمیایی آب آبیاری تیمارهای آزمایش
 Table (2) Some chemical properties of irrigation water of experimental treatments

تیمار ۲	تیمار ۱	واحد	ویژگی
T2	T1	Unit	Properties
12.00	5.00	dS m ⁻¹	EC
8.34	8.29	-	pH
11.35	4.85	meq l ⁻¹	Ca ²⁺
24.77	10.59	meq l ⁻¹	Mg ²⁺
1.03	0.43	meq l ⁻¹	CO ₃ ²⁻
2.98	1.28	meq l ⁻¹	HCO ₃ ⁻
102.43	43.78	meq l ⁻¹	Na ⁺
0.76	0.33	meq l ⁻¹	K ⁺
122.52	52.39	meq l ⁻¹	Cl ⁻
12.77	5.41	meq l ⁻¹	SO ₄ ²⁻
24.10	15.76	(meq l ⁻¹) ^{0.5}	SAR

جدول (۳) میانگین ماهانه برخی پارامترهای هواشناسی اندازه گیری شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک منطقه مورد مطالعه در طول فصل رشد

Table (3) Monthly average of some meteorological parameters measured at the synoptic meteorological station of the study area during the growing season

بارندگی Precipitation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)		دما (°C) Temperature			ماه از سال
	متوسط کمینه Average minimum	متوسط بیشینه Average maximum	متوسط کمینه Average minimum	میانگین Mean	متوسط بیشینه Average maximum	
0.0	12.2	26.1	19.9	27.8	33.7	شهریور ۹۹ Aug-Sep 2020
0.0	12.1	27.3	13.6	21.4	27.6	مهر ۹۹ Sep-Oct 2020
0.0	22.0	45.0	8.9	15.6	22.1	آبان ۹۹ Oct-Nov 2020
0.0	8.6	19.7	19.8	26.3	31.3	شهریور ۱۴۰۱ Aug- Sep 22
0.0	9.8	22.0	17.0	23.0	28.0	مهر ۱۴۰۱ Sep-Oct 2022
12	29.8	56.8	10.2	15.2	19.1	آبان ۱۴۰۱ Oct-Nov 2022

نتایج و بحث

می‌دهد که تغییرات سطوح شوری موجب تغییر معنی‌دار عملکرد زیست توده و عملکرد دانه ($P < 0/01$) و شاخص برداشت ($P < 0/05$) شده است (جدول ۴). همچنین تغییرات سطوح رطوبتی تغییر معنی‌دار در عملکرد زیست توده و عملکرد دانه ($P < 0/01$) ایجاد کرده اما بر مقدار شاخص برداشت اثر معنی‌دار نداشته است. اثر متقابل سطوح شوری و سطوح رطوبتی روی وزن زیست توده در سطح یک درصد و در روی عملکرد دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اما بر روی شاخص برداشت تأثیر معنی‌دار نداشت.

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح رطوبتی مختلف بر برخی صفات مورفولوژیک و اجزاء عملکرد کینوا در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که تغییرات سطوح رطوبتی از ۱۲۰ تا ۶۰ درصد مقدار مجاز تخلیه رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورفولوژیک و اجزای عملکردی مطالعه شده، گردید، اما بین دو تیمار تأمین ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی در تمامی صفات به غیر از وزن

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری و سطوح رطوبتی نشان داد که اثر سال بر تمامی صفات اندازه گیری شده معنی‌دار نبود (جدول ۴). تغییرات سطوح شوری و سطوح رطوبتی موجب اختلاف معنی‌دار در صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول پانیکول، عرض پانیکول، وزن هزار دانه ($P < 0/01$) شده است، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). در تحقیقی با هدف بررسی اثر دوره‌های مختلف آبیاری بر تغییرات رشد و عملکرد محصول کینوا در مصر، تغییر معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا را در اثر تغییرات حجم و دور آب مصرفی گزارش شده است (۲). همچنین در تحقیق دیگری نیز گزارش شد که کاهش مقدار آب آبیاری و افزایش شوری سبب تغییر معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا می‌شود (۱۷).

بررسی اثر تغییرات سطوح شوری بر عملکرد زیست توده و عملکرد بذر و شاخص برداشت نشان

گردید، اما در فواصل آبیاری طولانی تر یا به عبارتی تنش شوری موجب کاهش وزن زیست توده و عملکرد گیاه شد (۲). البته در برخی تحقیقات کاهش وزن زیست توده در دوره‌های آبیاری نزدیک تر یا فواصل آبیاری کوتاه تر مشاهده شده که ناشی از شستشوی عناصر غذایی و در نتیجه کاهش رشد رویشی بود (۵) و (۲۱). در تحقیق دیگری نیز بیان شد که تنش آبی در تیمارهای کم آبیاری، عملکرد زیست توده گیاه را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. این را می‌توان با این بدین صورت توضیح داد که شوری و تنش خشکی در کنار یکدیگر باعث افزایش مقاومت روزنه می‌شوند (۲۱). محققان دیگری نیز در تحقیقات خود بیان نمودند که مکانیسم‌های متفاوتی از مقاومت به خشکی شامل فرار از خشکی، تحمل و اجتناب از خشکی در گیاه کینوا وجود دارد (۱۴ و ۱۹).

همچنین گزارش شده است که نیاز آبی کینوا پایین بوده و این گیاه می‌تواند در شرایط تنش رطوبتی بدون کاهش معنی دار در عملکرد رشد نماید (۲). با این وجود محققان دیگر گزارش نمودند که سطح رطوبت خاک نقش مهمی در تعیین زمان و سرعت رشد بذری و کینوا دارد. در این پژوهش، همچنین در تیمارهای با تأمین مقدار کمتری از تخلیه مجاز رطوبتی تنش خشکی موجب شده که مقدار عملکرد و برخی از صفات مورفولوژیک تا حدی کاهش یابد. همچنین تنش شوری نیز باعث تغییر معنی دار در عملکرد دانه و زیست توده و سایر صفات عملکردی شده است (۹). در تحقیقاتی محققان دیگر کاهش وزن هزار دانه در اثر کم آبیاری را گزارش نمودند و بیان کردند که تیمار آبیاری کامل بیشترین وزن هزار دانه را تولید نمود (۴، ۵ و ۲۲).

هزاردانه اختلاف معنی دار دیده نمی‌شود (شکل ۱). همچنین سزن و همکاران^۱ در تحقیقی در کشور ترکیه کاهش وزن هزار دانه در اثر کم آبیاری و افزایش فواصل آبیاری را گزارش نمودند (۲۲).

در بین سطوح رطوبتی مختلف بیشترین وزن زیست توده در سطح رطوبتی تأمین ۱۲۰ درصد و ۱۰۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی دیده شد (به ترتیب ۸/۹۴ و ۹/۲۸ تن در هکتار). در مورد عملکرد دانه بیشترین مقدار عملکرد در تیمار ۱۲۰ درصد تأمین رطوبت تخلیه مجاز مشاهده شد، که دلیل آن می‌تواند آبهویی مناسب و کنترل شوری در این تیمار باشد. با کاهش سطح رطوبتی شروع آبیاری از ۱۲۰ به ۶۰ درصد تأمین تخلیه مجاز رطوبتی میزان وزن زیست توده کاهش ۱۴ درصدی و عملکرد دانه کاهش ۲۱ درصدی داشت (شکل ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح شوری مختلف صفات اندازه‌گیری شده کینوا نشان می‌دهد که تغییرات سطوح رطوبتی از ۱۲۰ تا ۶۰ درصد مقدار مجاز تخلیه رطوبتی موجب کاهش معنی دار تمامی صفات مورفولوژیک مورد بررسی به غیر از ارتفاع بوته شده است (شکل ۳). همچنین در بین سطوح شوری مختلف بیشترین میانگین وزن زیست توده در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر با مقدار ۹/۶۹ تن در هکتار مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه نیز در تیمار ۱۲۰ درصد تأمین رطوبت تخلیه مجاز با مقدار ۳/۱۵ تن در هکتار مشاهده شد. با افزایش تنش شوری از ۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مقدار وزن زیست توده کاهش ۲۳ درصدی و عملکرد دانه کاهش ۱۷ درصدی داشت (شکل ۴).

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری و کاهش حجم آب آبیاری، وزن زیست توده و عملکرد دانه به طور معنی دار تحت تأثیر قرار می‌گیرند. محققان گزارش نمودند که افزایش در رشد رویشی و عملکرد زیست توده کینوا تا دور آبیاری ۱۰ روز مشاهده

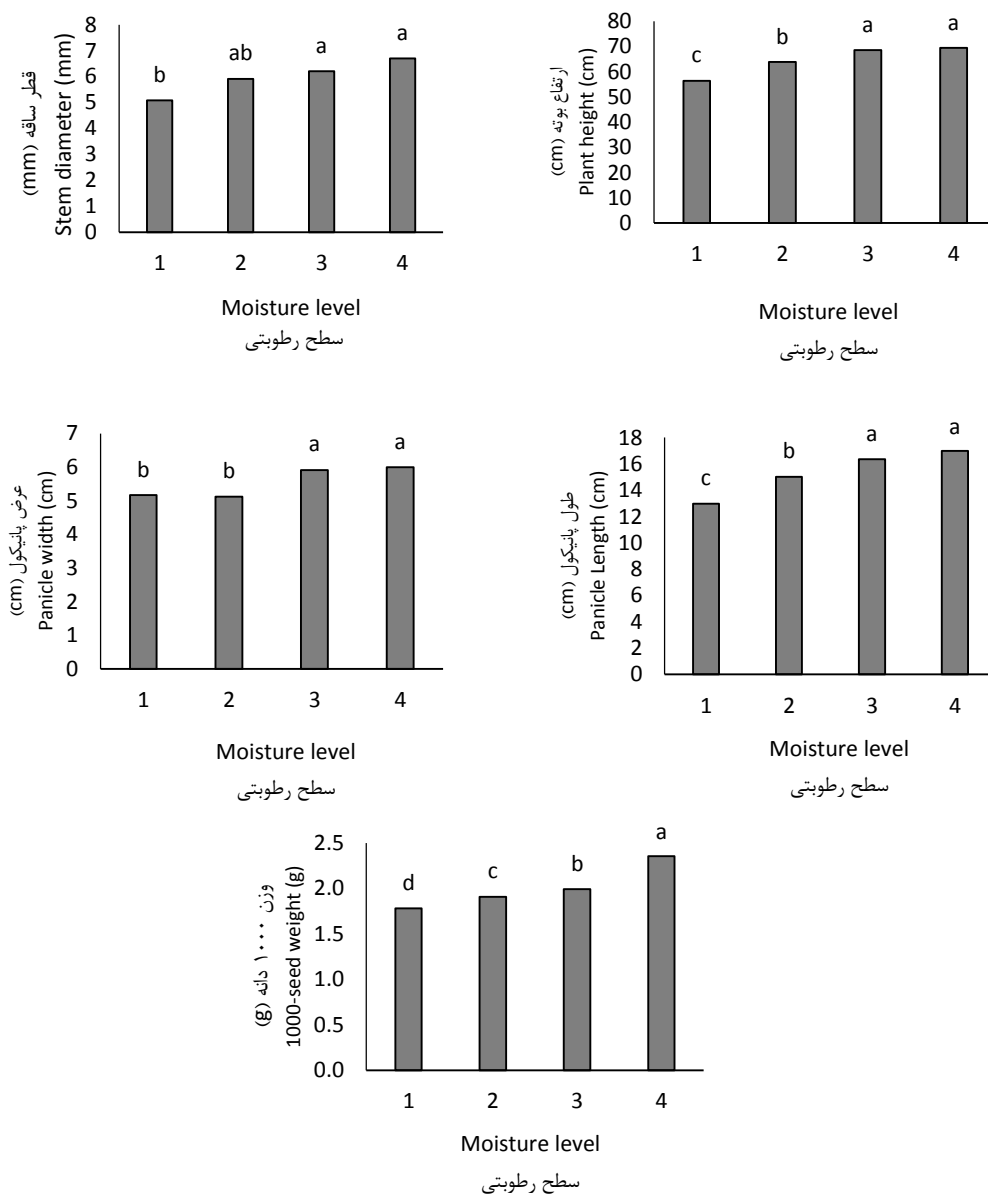
بیرامی و همکاران: اثر سطوح مختلف رطوبتی و شوری بر...

جدول (۴) نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و سطوح رطوبتی بر برخی صفات مورفولوژیک کینوا
Table (4) Analysis of variance for effect of salinity and moisture levels on the some morphological of quinoa

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Seed yield	زیست توده Biological yield	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عرض پانیکول Panicle width	طول پانیکول Panicle Length	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	df	منابع تغییرات Source of variation
0.0003 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.005 ^{ns}	2.17 ^{ns}	0.75 ^{ns}	6.2 ^{ns}	1	سال Year
0.0008 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.01 ^{ns}	7.91**	0.63 ^{ns}	3.16*	3.56 ^{ns}	2	بلوک Block
0.01*	3.16**	59.32**	20.24**	12.50**	37.45**	0.08 ^{ns}	1017.52**	1	شوری Salinity
0.002 ^{ns}	0.93**	5.63**	0.72**	2.66**	37.78**	5.56**	426.46**	3	سطح رطوبتی Moisture Level
0.0007 ^{ns}	0.02*	0.71**	0.000003 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.32 ^{ns}	14.24 ^{ns}	3	شوری × سطح رطوبتی Salinity × Moisture Level
0.0002 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.0009 ^{ns}	0.42 ^{ns}	1.47 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.18 ^{ns}	1	شوری × سال Salinity × Year
0.0001 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.18 ^{ns}	3	سطح رطوبتی × سال Moisture Level × Year
0.00004 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.000002 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.24 ^{ns}	3	شوری × سطح رطوبتی × سال Salinity × Moisture Level × Year
0.003	0.02	0.94	0.01	2.07	0.60	0.79	7.34	28	خطا Error
14.74	5.23	11.35	5.03	11.97	5.05	14.92	4.20		CV (%)

ns: عدم معنی داری و *، ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

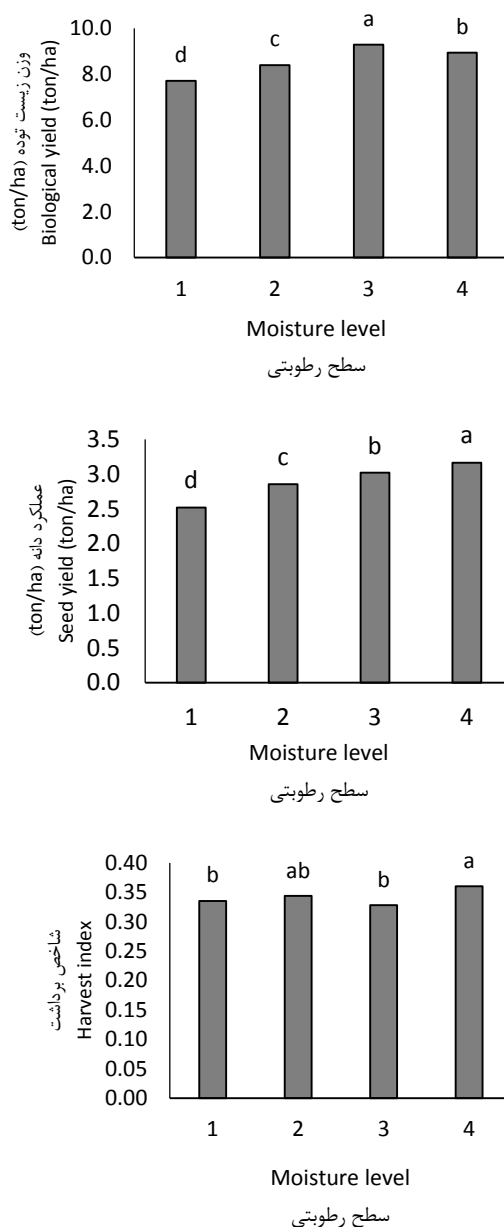
ns: no significant, * and ** statistical significance at the levels of $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively.



شکل (۱) مقایسه میانگین اثر سطوح رطوبتی بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول پانیکول، عرض پانیکول و وزن هزار دانه (آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵ درصد) (تیمار ۱ تا ۴ به ترتیب ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی می باشند)

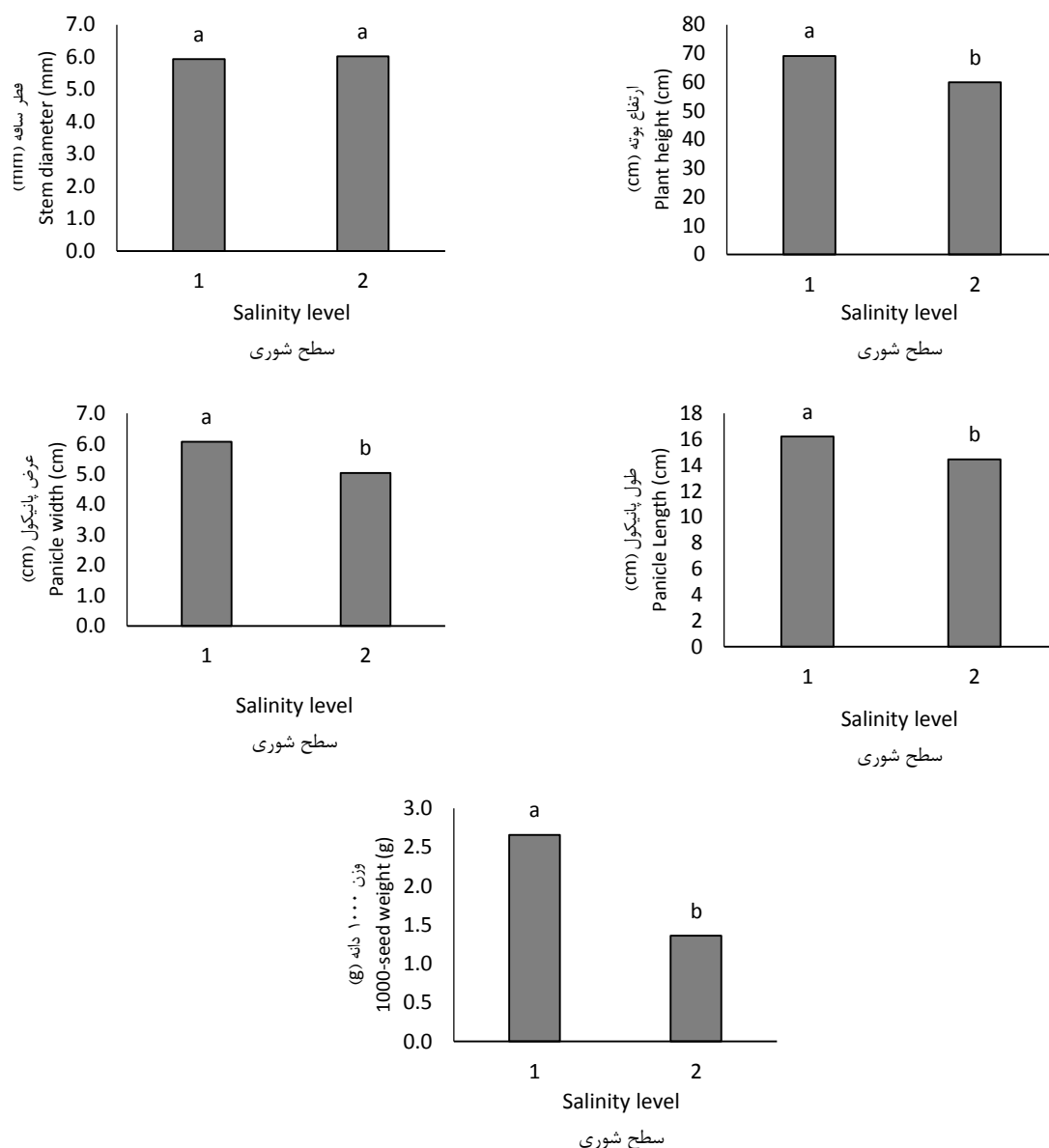
Figure (1) Effect of different moisture levels on the plant height, stem diameter, panicle length, panicle width, 1000-seed weight of quinoa (Duncan's multiple range test at $P < 0.05$) (Treatments 1 to 4 are 60, 80, 100 and 120 percent of the allowed moisture discharge, respectively)

بیرامی و همکاران: اثر سطوح مختلف رطوبتی و شوری بر...



شکل (۲) مقایسه میانگین اثر سطوح رطوبتی بر وزن زیست توده، عملکرد بذر و شاخص برداشت کینوا (آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد) (تیمار ۱ تا ۴ به ترتیب ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی می باشند)

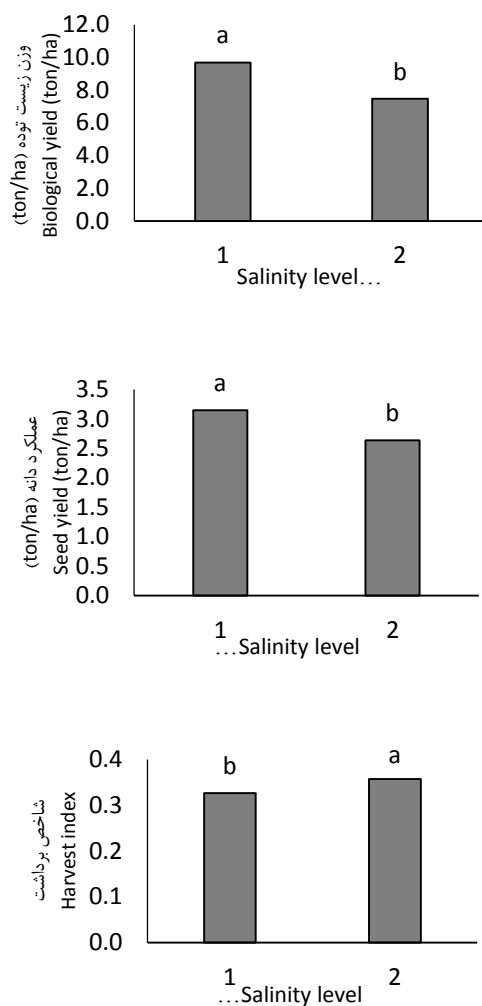
Figure (2) Effect of different moisture levels on the biological yield, seed yield and harvest index of quinoa (Duncan's multiple range test at $P < 0.05$) (Treatments 1 to 4 are 60, 80, 100 and 120 percent of the allowed moisture discharge, respectively)



شکل (۳) مقایسه میانگین اثر سطوح شوری بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول پانیکول، عرض پانیکول و وزن هزار دانه کینوا (آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵ درصد) (تیمار ۱ و ۲ به ترتیب شوری آب آبیاری ۵ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر می باشند)

Figure (3) Effect of salinity levels on the plant height , stem diameter, panicle length, panicle width, 1000-seed weight of quinoa (Duncan's multiple range test at $P < 0.05$) (Treatments 1 to 4 are 60, 80, 100 and 120 percent of the allowed moisture discharge, respectively)

بیرامی و همکاران: اثر سطوح مختلف رطوبتی و شوری بر...



شکل (۴) مقایسه میانگین اثر سطوح شوری بر وزن زیست‌توده، عملکرد بذر و شاخص برداشت کینوا (آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد) (تیمار ۱ و ۲ به ترتیب شوری آب آبیاری ۵ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر می‌باشند)

Figure (4) Effect of salinity levels on the Biological yield, Seed yield and harvest index of quinoa (Duncan's multiple range test at $P < 0.05$) (Treatments 1 to 4 are 60, 80, 100 and 120 percent of the allowed moisture discharge, respectively)

حفظ فشار تورژسانس سلولی و کاهش تعرق در شرایط شور می‌سازد (۱۱ و ۱۴). همچنین نتایج مطالعات نشان داده است که تا سطح شوری متوسط (آبیاری یک در میان) برای گیاه کینوا کند کننده رشد نبوده است و حتی شوری محیط تا حدی باعث بهبود شاخص رشد گردیده است (۷ و ۸).

همچنین نتایج این تحقیق نشان‌دهنده آن بود که با کاهش مقدار آب آبیاری به علت عدم تأمین نیاز آبخوئی تجمع املاح در خاک به‌ویژه در لایه‌های پایین‌تر ایجاد می‌گردد. محققان بیان نمودند که تجمع املاح در پروفایل خاک معمولاً در

نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که این گیاه دارای توانایی تنظیم پتانسیل آب برگ توسط تجمع یون‌های نمکی در بافت‌های خود بوده که گیاه را قادر به حفظ فشار تورژسانس سلولی و کاهش تعرق در شرایط شور می‌سازد (۱۱ و ۱۴)؛ بنابراین با توجه به این که گیاه کینوا مکانیسم‌های متفاوتی جهت مقاومت به خشکی دارد (۱۹)، بنابراین کشت کینوا در مناطقی که دچار کمبود آب می‌باشند توصیه می‌شود. همچنین با توجه به اینکه این گیاه دارای توانایی تنظیم پتانسیل آب برگ توسط تجمع یون‌های نمکی در بافت‌های خود بوده که گیاه را قادر به

رطوبتی در هر دو سطح شوری آب آبیاری مشاهده شد، ولی بیشترین عملکرد دانه در سطح شوری ۵ دسی زیمنس بر متر در سطح رطوبتی حدود ۱۱۵ درصد تأمین مقدار تخلیه مجاز رطوبتی و در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در سطح رطوبتی ۱۲۰ درصد تأمین تخلیه مجاز رطوبتی مشاهده شد.

خاک‌هایی که از منابع آب شور، آبیاری می‌شوند، ایجاد می‌گردد. نیاز است که این تجمع نمک با استفاده از آبتشویی از منطقه ریشه به لایه‌های عمیق‌تر خاک انتقال یابد (۲۳).

نتایج این تحقیق نشان داد که آب مصرفی برآورد شده برای کینوا در طول فصل در شوری ۵ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری از ۲۸۳۲ تا ۵۴۷۲ متر مکعب در هکتار (۲۸۳ تا ۵۴۷ میلی‌متر) و در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری از ۲۴۹۹ تا ۴۸۲۲ متر مکعب در هکتار (۲۵۰ تا ۴۸۲ میلی‌متر) تغییر بود. گارسیا و همکاران^۱ نیز در تحقیقات گزارش شده است که کل آب مصرف محاسبه شده از بیلان آب خاک را ۴۵۰ میلی‌متر در هر فصل گزارش کردند و بیان نمودند که کمی این مقدار کمتر از ۵۰۰-۶۵۰ میلی‌متر در فصل است که برای غلاتی مانند جو محاسبه شده است (۱۰).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی از این پژوهش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تغییرات سطوح مختلف رطوبتی و شوری موجب اختلاف معنی‌دار در برخی صفات مانند ارتفاع بوته و عملکرد دانه و زیست‌توده می‌شود. با توجه به مقایسه میانگین‌های انجام یافته در عملکرد دانه و زیست‌توده، مناسب‌ترین مدیریت آبیاری برای این گیاه به گونه‌ای که با تنش خشکی مواجه نشود، آبیاری بر اساس تأمین تخلیه مجاز مدیریتی ۱۲۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد تا تجمع املاح کمتری نیز در خاک رخ دهد. همچنین، کاشت گیاه کینوا در فصل پاییز رقم تیتیکاکا با طول دوره کاشت حدوداً ۹۰ روزه در اقلیم گرم و خشکی مانند یزد، نیاز آبیاری برآورد شده بطور میانگین ۴۹۰ میلی‌متر (حدود ۴۵۰ تا ۵۵۰ میلی‌متر) می‌باشد. اما در شرایط کمبود رطوبت، امکان کشت این گیاه وجود دارد، زیرا با توجه به مقاومت این گیاه به شرایط محیطی نامناسب، شیب کاهش عملکرد پایین‌تری نسبت به گیاهان زارعی دیگر در شرایط تنش خشکی و شوری دارد. بر اساس نتایج، افزایش شوری آب آبیاری از ۵ به ۱۲ دسی زیمنس بر متر، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و وزن زیست‌توده گردید. در بررسی سطوح رطوبتی بیشترین وزن زیست‌توده تولید شده در سطح رطوبتی ۱۰۰ تأمین مقدار تخلیه مجاز

References

1. Adolf V.I., Jacobsen S.E., and Shabala S. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany*, 92: 43–54.
2. Algosaibi A.M., Badran, A.E., Almadini, A.M. and El-Garawany M.M. 2017. The Effect of irrigation intervals on the growth and yield of quinoa crop and its components. *Journal of Agricultural Science*, 9(9): 182-191.
3. Beyrami H., Rahimian M.H., and Dehghany F. 2020. Estimation of Water Requirement and Crop Coefficients of Two Salicornia Species in Yazd. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.)*, 34(3): 401-415. (In Persian with English abstract)
4. Beyrami H., Rahimian M.H., Salehi M., and Yazdani-Biouki R. 2020. Effect of different levels of irrigation water salinity on quinoa (*Chenopodium quinoa*) yield and yield components in spring planting. *Journal of Crop Production*, 12(4): 111-120. (In Persian with English abstract)
5. Beyrami, H., Rahimian, M.H., Salehi, M., Yazdani Biouki, R., Shiran-Tafti, M., and Nikkhah, M., 2020. Effect of irrigation frequency on yield and yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under saline condition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30: 447-357. (In Persian with English abstract)
6. Bhargava A., Shukla S., Rajan S., and Ohri D. 2007. Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54:167-173.
7. Papan, p., Moezzi, A., Chorom, M., and Rahnama, A. 2020. The Effect of Nitrogen Fertilizer on Some Growth Traits and Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Irrigated with Sugar-cane Fields Drainage Water. *Iran Water and Soil Research*, 51(6): 1441-1455. (In Persian with English abstract)
8. Papan, p., Moezzi, A., Chorom, M., and Rahnama, A. 2022. Biochemical and physiological response of quinoa to application of different levels of nitrogen and salinity of irrigation water. *Environmental Stresses Crop Science*. 15(2): 501-515. (In Persian with English abstract)
9. Gallardo, M. G., and Gonzalez, J. A. 1992. Efecto de algunos factor ambiental essobre la germinación de *Chenopodium quinoa* W. y susposibilidades de cultivoen algunas zonas de la Provincia de Tucumán (Argentina). *LILLOA*, XXXVIII, 55-64.
10. Garcia, M., Raes, D., and Jacobsen, S.E. 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agricultural Water Management*, 60: 119–134.
11. Go´mez-Pando, L. R., lvarez-Castro, R. and Eguiluz-de Ia Barra, A. 2010. Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: a promising crop. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 196: 391–396.
12. Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E., and Shabala, S. 2010. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 185-193.
13. Hinojosa, L., González, J.A., Barrios-Masias, F.H., Fuentes, F. and Murphy, K.M. 2018. Quinoa abiotic stress responses: a review. *Plants*.7: 106.
14. Jacobsen S.E., Quispe, H. and Mujica, A. 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. In: *Scientists and Farmer-Partners in Research for the 21st Century*. (CIP Program Report 1999–2000), 403–408.
15. Jacobsen, S.E., Monteros, C., Corcuera, L.J., Bravo, L.A., Christiansen, J.L., and Mujica, A. 2007. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *European Journal of Agronomy*, 26: 471–475.

16. Jacobsen, S.E., Liu, F., and Jensen, C.R. 2009. Does rootsourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Horticulturae*, 122: 281–287.
17. Jamali, S., Sharifan, H., Hezarjaribi, A., and Sepahvand, N.A. 2016. The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of Quinoa. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 6(1): 87-98. (In Persian with English abstract)
18. 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 (Soil and Water Sci.)*, 33(3): 339-352. (In Persian with English abstract)
19. Jensen C.R., Jacobsen S.E., Andersen M.N., Nuñez N., Andersen S.D., Rasmussen L., and Mogensen, V.O. 2000. Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. *European Journal of Agronomy*, 13: 11–25.
20. Meskini-Vishkaee F, Tafteh A, and Goosheh M. 2023. Determining the Quinoa Water Requirement and Plant Response Coefficients to Water Stress in Different Growth Stages in Khuzestan Climate. *Journal of Water and Soil Science*, 27 (1): 275-286.
21. Mostafae, M., Jami Al-Ahmadi, M., Salehi, M., and Shahidi, A. (2023). Investigation of Physiological and Yield Characteristics of Quinoa as Affected by Different Levels of Irrigation and Plant Density. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 21(1): 29-46.
22. Sezen, S. M., Yazar, A., Tekin, S., and Yildiz, M. 2016. Use of drainage water for irrigation of quinoa in a mediterranean environment. 2nd World Irrigation Forum (WIF2) 6-8 November 2016, Chiang Mai, Thailand.
23. Yazar, A., Incekaya, C., Sezen, S.M., and Jacobsen, S.E. 2015. Saline water irrigation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under Mediterranean conditions. *Crop Pasture Science*, 66(10): 993-1002.