

Effect of humic acid and seaweed extract application on some biochemical traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the condition of interruption of irrigation in two places of Kermanshah province

DOI: [/10.22055/ppd.2024.46890.2168](https://doi.org/10.22055/ppd.2024.46890.2168)

Ghobad Mohamadpoor¹, Salim Farzaneh^{2*}, Saeid Khomari³, Seyedeh Yalda Raeisi Sadati⁴, Raouf Seyed Sharifi⁵ and Behrooz Esmailpour⁶, Kianoosh Azarshab⁷

- 1- Ph.D. of Agronomy, Department of Production and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 2- *Corresponding Author: Associate Professor, Department of Production and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (Email: Salimfarzaneh@yahoo.com)
- 3- Professor, Department of Production and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 4- Post-doctorate in Molecular Genetics, Department of Production and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 5- Professor, Department of Production and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 6- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 7- Master of Medicinal Plants, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Jihad University Higher Education Institute, Kermanshah, Iran.

Abstract

Introduction: Due to its high protein content, the balance of essential amino acids such as lysine and plant tryptophan with great nutritional value, quinoa can be a suitable substitute for rice, so the development and cultivation of this product is very important. Since our country is located in an arid and semi-arid region and the amount of evaporation and transpiration is higher than the amount of rainfall, the planted crops suffer from drought stress especially at the end of the season, so the use of natural fertilizers such as seaweed extract and humic acid can be suitable in adjusting the effect of stress.

Materials and Methods: This experiment was conducted in order to evaluate some biochemical indices of quinoa under the condition of irrigation interruption in two locations with hot climate (Qasar Shirin) and cold climate (Dalaho) in Kermanshah province in it was implemented as a split plot in the form of a randomized complete block design in the 2018-2018 crop year. The main plots of irrigation treatment were at three levels (complete irrigation, stop irrigation at the beginning of flowering and the beginning of seeding) and the sub-plots of foliar spraying at five levels of seaweed extract at two levels (2.5 g/L and 3.57 g/L), humic acid at two levels (3.75 g/L and 5 g/L) along with a control treatment (solution spraying with pure water)..

Results and Discussion: The results showed that stopping irrigation caused a decrease in the concentration of photosynthetic pigments chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid, the amount of protein and the relative water content of quinoa plant leaves compared to full irrigation. Also, under stress conditions, proline content and electrolyte leakage from the cell membrane, the

activity of antioxidant enzymes superoxide dismutase, catalase and peroxidase increased. The use of seaweed extract and humic acid reduced the effect of irrigation interruption, so that the highest amount of chlorophyll a (1.760 mg/g), chlorophyll b (0.989 mg/g), carotenoid (0.291 mg/g), protein (1.40 mg/g) and the relative water content in foliar application was 3.75 g/L of seaweed extract. The effects of interruption of irrigation were greater in Qasr-Shirin hot location and the greatest effect of drought stress was observed in the phase of interruption of irrigation at the beginning of flowering.

Conclusions: In general, these findings showed that foliar spraying with seaweed extract and humic acid can be used as an efficient and environmentally friendly strategy to reduce the adverse effects of irrigation interruption on quinoa plant.

Keywords: Antioxidant enzymes, Biofertilizers, Photosynthetic pigments, Relative water content

نسخه
پیش
از انتشار

تأثیر هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی بر برخی صفات بیوشیمیایی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) در شرایط قطع آبیاری در دو مکان استان کرمانشاه

قباد محمدپور^۱، سلیم فرزانه^{۲*}، سعید خماری^۳، سیده یلدا رئیسی ساداتی^۴، رئوف سید شریفی^۵ و بهروز اسماعیل پور^۶، کیانوش آذرشب^۷

۱- دانش آموخته دکتری زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(Salimfarzaneh@yahoo.com)

۳- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- پسا دکترا ژنتیک مولکولی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۵- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۶- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۷- کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، کرمانشاه، ایران

چکیده

کینوا به جهت میزان پروتئین بالا، تعادل اسید آمینه‌های ضروری مانند لیزین و تریپتوفان گیاهی با ارزش غذایی فراوان می‌تواند یک جایگزین مناسب برای برنج باشد، لذا توسعه و کشت این محصول بسیار حائز اهمیت است. از آنجایی که کشور ما در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و میزان تبخیر و تعرق بیشتر از میزان بارندگی می‌باشد، محصولات کاشته شده به خصوص در آخر فصل دچار تنش خشکی می‌شوند، لذا کاربرد کودهای طبیعی از جمله عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید می‌توانند در تعدیل اثر تنش مناسب باشند. این آزمایش به منظور ارزیابی برخی شاخص‌های بیوشیمیایی کینوا در شرایط قطع آبیاری در دو مکان با اقلیم گرم (قصر شیرین) و اقلیم سرد (دالاهو) در استان کرمانشاه به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا گردید. کرت‌های اصلی تیمار آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل، قطع آبیاری در ابتدای گلدهی و نیز شروع دانه‌بندی) بود و کرت‌های فرعی محلول‌پاشی در پنج سطح عصاره جلبک دریایی در دو سطح (۲/۵ گرم در لیتر و ۳/۵۷ گرم در لیتر)، هیومیک اسید در دو سطح (۳/۷۵ گرم در لیتر و ۵ گرم در لیتر) به همراه یک تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب خالص) بودند. نتایج نشان داد که قطع آبیاری موجب کاهش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئید، میزان پروتئین و محتوای نسبی آب برگ گیاه کینوا در مقایسه با آبیاری کامل گردید. همچنین در شرایط تنش، محتوای پرولین و نشت الکترولیت مواد از عشا سلولی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و پر اکسیداز افزایش یافت. کاربرد عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید موجب کاهش اثر قطع آبیاری شد، به طوری که بیشترین میزان کلروفیل *a* (۱/۷۶۰ میلی گرم بر گرم)، کلروفیل *b* (۰/۹۸۹ میلی گرم بر گرم)، کاروتنوئید (۰/۲۹۱ میلی گرم بر گرم)، پروتئین (۱/۴۰ میلی گرم بر گرم) و محتوای نسبی آب در محلول‌پاشی ۳/۵۷ گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی به دست آمد. اثرات قطع آبیاری در مکان گرم‌سیر قصر شیرین بیشتر بود و بیشترین تأثیر تنش خشکی در مرحله قطع آبیاری در ابتدای گلدهی مشاهده گردید. به طور کلی این یافته‌ها نشان داد که محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک می‌تواند به عنوان یک استراتژی کارآمد و سازگار با محیط زیست برای کاهش اثرات نامطلوب قطع آبیاری بر گیاه کینوا استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کودهای زیستی، محتوای نسبی آب، کلروفیل

مقدمه

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* (willd)، گیاهی است یک‌ساله و خودگشن ولی میزان دگرگشتی آن بسته به شرایط بین ۱۵-۱۰ درصد می‌باشد. حدود ۲۵۰ گونه از این تیره در سراسر جهان وجود دارد. این گیاه بومی آمریکای جنوبی و کوه‌های آند در کرانه غربی شیلی پرو و بولیوی است، که هزاران سال پیش توسط ساکنین آن‌ها اهلی شده است و قدمتی ۵۰۰۰ ساله دارد (Navruz-Varli and Sanlier, 2016; Ali et al., 2020).

کمبرود منابع آب مهم‌ترین تهدید در توسعه پایدار کشاورزی است و تخصیص منابع آب بیشتر به بخش کشاورزی در آینده دور از انتظار است و اعمال محدودیت‌های بیشتر در استفاده از منابع آب تجدیدپذیر برای تولید محصولات کشاورزی بسیار محتمل خواهد بود (Salehi and Dehghani, 2017). کینوا با شرایط اقلیمی متعددی مانند شرایط بیابانی گرم و اقلیم خشک، مناطقی با رطوبت نسبی ۴۰ تا ۸۸ درصد و دمای ۴- تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد سازگار است و دمای ایده‌آل رشد آن ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تنوع ژنتیکی بالا و تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف و کارایی بالای استفاده از منابع آب، کینوا می‌تواند گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب محدود باشد (Iqbal et al., 2019)، لذا افزایش روند کشت کینوا به‌عنوان یک گیاه مناسب برای رسیدن به اهداف و سیاست‌های کشاورزی پایدار جهانی شده است (Fawy et al., 2017).

تنش خشکی به‌عنوان یک تنش چندبعدی، باعث تولید اکسیژن فعال، خسارت غشای سلولی، بازدارندگی انتقال الکترون، تخریب ساختار کلروپلاست‌ها، کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش پروتئین و درنهایت فتوستتر می‌گردد (Hosseinzadeh et al., 2016; Raeesi Sadati et al., 2021). اولین پاسخ گیاهان به تنش خشکی تنظیم اسمزی و بستن روزنه‌ها می‌باشد که از این رو باعث حفظ رطوبت داخل بافت شده و همچنین

به‌طور همزمان از آن برای جذب آب از محیط استفاده می‌کند که در نتیجه آن فعالیت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی سلول‌ها حفظ می‌گردد (De Oliveira Maia Junior, 2020). از دیگر سازوکار دفاعی گیاهان سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی کارآمد می‌باشند که گیاهان تحت شرایط خشکی توانایی تغییر متابولیسم خود برای غلبه بر تغییرات شرایط محیطی را دارند (Elewa et al., 2017).

طی چند دهه گذشته به‌منظور بهبود تحمل گیاهان به تنش خشکی، به موازات راهبردهای سنتی اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، چندین روش برای بهبود عملکرد گیاه در محیط‌های دارای کمبود آب پیشنهاد شده است. این تکنیک‌ها شامل تیمار بذر قبل از کاشت، تیمار برگی یا محلول‌پاشی با استفاده از ترکیبات محافظت‌کننده مانند هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی می‌باشد (Dawood et al., 2014). محلول‌پاشی یا تغذیه برگی روشی جهت کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک و در نتیجه کاهش خطرات محیطی از جمله کاهش آلودگی خاک و آب است. با این روش تغذیه می‌توان عناصر را در سریع‌ترین زمان ممکن در اختیار گیاه قرار داد (Raeesi Sadati et al., 2021). کاربرد جلبک‌ها (عصاره جلبک دریایی) به‌صورت محلول‌پاشی به شاخ و برگ باعث بهبود وضعیت فیزیولوژیکی گیاهان و افزایش توانایی آن‌ها در تحمل به تنش خشکی می‌شود (El-Sayed et al., 2018). همچنین کاربرد مواد ضدپیری مانند عصاره جلبک در گیاهان می‌تواند به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل کند و اثرات ناشی از فرسودگی را کاهش دهد و عملکرد دانه را در سویا افزایش دهد (Arab et al., 2023).

مطالعات مختلف طی دهه‌های اخیر، به نقش مثبت عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک در کاهش اثرات مخرب تنش‌های غیر زیستی مانند تنش آبی، شوری و دمای بالا اشاره کرده‌اند (El-Sayed et al., 2018). محققان دریافته‌اند که عصاره جلبک دریایی با داشتن مواد

مغذی موجب تقویت رشد ریشه‌ها، افزایش سطح شاخ و برگ و محتوای کلروفیل می‌شود (Hernández-Herrera et al., 2014).

مطالعات‌های مختلف نشان دادند که مصرف عصاره جلبک دریایی موجب افزایش عملکرد گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی می‌شود و کاربرد اسید هیومیک موجب تعدیل و کم شدن اثر تنش خشکی در گندم می‌گردد (Yaghobnezhad et al., 2023; Ghanizadeh et al., 2024). طبق تحقیقات (2016) Gofii et al., مصرف عصاره جلبک دریایی در *Ascophyllum nodosum* در گوجه‌فرنگی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش کلروفیل کل و حفظ ثبات غشا و کاهش نشت یونی می‌شود. همچنین مطالعات دیگر نشان داده‌اند که کاربرد عصاره جلبک دریایی در شرایط تنش خشکی باعث تقویت سامانه آنتی‌اکسیدانی گیاه و کاهش پراکسیداسیون غشا نسبت به حالت شاهد می‌شود (Elansary et al., 2017). کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش بر پارامترهای رشدی گیاه پنبه تأثیر مثبت دارد و موجب تعدیل اثرات منفی تنش می‌گردد (Sardar et al., 2024).

با توجه به کمبود غذا، رژیم غذایی نامناسب و جمعیت رو به رشد ایران و کشورهای جهان سوم، توسعه کشت این محصول با ارزش ضروری است. همچنین با توجه خشک‌سالی و تنش خشکی آخر فصل در مزارع ایران لازم است راهکاری برای مقابله با این عوامل ارائه گردد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک‌های دریایی و اسید هیومیک در کاهش اثرات منفی قطع آبیاری بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه کینوا در دو مکان استان کرمانشاه با دو نوع آب و هوای متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل در دو مکان با اقلیم گرم (قصر شیرین) و

اقلیم سرد (دالاهو) در استان کرمانشاه، سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا شد. کرت‌های اصلی تیمار آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل، قطع آبیاری در ابتدای گلدهی و نیز شروع دانه‌بندی) بود و کرت‌های فرعی شامل محلول-پاشی در پنج سطح عصاره جلبک دریایی (۲/۵ گرم در لیتر و ۳/۵۷ گرم در لیتر) و هیومیک اسید (۳/۷۵ گرم در لیتر و ۵ گرم در لیتر) به همراه یک تیمار شاهد (محلول-پاشی با آب خالص) بودند. اقلیم محل اجرای آزمایش در قصر شیرین از نوع گرم و خشک محسوب می‌شود. ارتفاع از سطح دریا ۳۳۳ متر، طول جغرافیائی ۴۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۴ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی می‌باشد. میانگین سردترین ماه سال بین ۵ تا ۵/۲ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ میلی-متر در نوسان است. مزرعه آموزشی ایستگاه تحقیقاتی روستای بیوه نیج شهرستان دالاهو نیز در قسمت غربی استان کرمانشاه در موقعیت جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا در حدود ۱۵۳۰ متر می‌باشد. این مکان از نظر هواشناسی جزء مناطقی با زمستان سرد و تابستان خنک است. میانگین دمای سالیانه ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالیانه ۵۲۸ میلی‌متر است. مشخصات آب و هوای دو منطقه در ایستگاه‌های قصر شیرین و دالاهو در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در جدول ۱ و مشخصات فیزیکی-شیمیایی خاک در محل‌های اجرای آزمایش در جدول شماره ۲ ارائه شده است. عملیات کاشت در قصر شیرین ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۷ و در مزرعه آموزشی شهرستان دالاهو ۱۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول شش متر با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود و بوته‌ها با فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی خطوط کاشته شدند. پس از کاشت و استقرار بوته‌ها، عملیات داشت از قبیل مبارزه با علف‌های هرز (به صورت دستی)، آفات و بیماری‌ها در حد نیاز انجام شد. بذر کینوای مورد استفاده در این پژوهش واریته Titicaca (درصد خلوص

اسید هیومیک از شرکت فن آوری معدنی گلستنگ کویر یزد تهیه گردید، که مشخصات آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. محلول‌پاشی اول در زمانی که ارتفاع بوته حدود ۲۰ سانتی‌متر بود و محلول‌پاشی دوم به فاصله ۱۰ روز بعد انجام شد.

بذر ۹۹ درصد و قوه نامیه ۹۵ درصد با وزن هزار دانه ۲/۶ گرم) بود، که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. این رقم سفید رنگ و زودرس بوده و محصول‌دهی حداکثر ۱۲۰ روزه را دارد. همچنین دانه‌های درشت و با میزان ساپونین کمتری تولید می‌کند (Mohammadpour *et al.*, 2021). عصاره جلبک دریایی از شرکت بن آسیا و

Table 1. Meteorological information (monthly average) related to total rainfall, minimum and maximum temperature in Qasr Shirin and Dalaho stations during the implementation of the experiment in 2017 and 2018.

Area	Year/Month	Oct	Nov	Dec	Janveyeh	Feb	Mrs	Apr	May	Juan	July	Agust	Sep
Total rainfall (mm)	Qasr 2017	13.4	63	129.4	39.9	86.6	104	32.2	95.8	0	0	0	0
	Shirin 2018	26.7	13.1	54.4	28.4	31	44.6	154.1	14.1	0	0	0	0
	Dalaho 2017	20.8	114.06	236.8	80.4	135	94.2	98	9.6	0	0	0	0
	Dalaho 2018	21	37	94.6	49	46	150.2	193.2	34.4	0	0	0	0
Average monthly minimum temperature (C)	Qasr 2017	22	13.37	9.7	5.3	6	6.5	14.8	17.5	24.3	26.6	26.5	25.1
	Shirin 2018	20.6	13.4	8.3	5.4	3.9	3.9	12	16.2	23.8	25.2	26.2	24.7
	Dalaho 2017	13.7	7.2	3.3	-0.6	-0.1	0.1	5.9	9.2	13.3	18	19.2	17.7
	Dalaho 2018	13.3	5.7	1.6	-0.6	-2	3.7	5.2	8.7	16.3	18.7	20.3	16.8
Average monthly maximum temperature (C)	Qasr 2017	36	23.6	17.3	14	16	17.4	28	28.9	39.3	43.7	42.9	41.8
	Shirin 2018	36.4	26.1	18.9	16.9	15.6	14.5	22.1	30.3	41	42.5	43.6	41.4
	Dalaho 2017	27.5	16.2	10.7	8.3	9.2	10.1	19.9	20.1	28.7	36.1	37	43
	Dalaho 2018	28.7	17.9	11.4	9.4	8.1	14.3	14.6	21.9	31.6	35	36.4	33.4

Table 2. Physico-chemical characteristics of the soil in the test locations

Measured trait	Unit	Qasr Shirin city	Dalaho city
Sand	%	54	7
Silt		36	48
Clay		10	45
Soil texture	-	Sandy- loam	Silty- clay
K (mg kg ⁻¹)	mg kg ⁻¹	196	460
P (mg kg ⁻¹)	mg kg ⁻¹	2	14.6
N (%)		0.02	0.5
C (%)		0.4	1.12
TNV (%)		11	16.5
pH		7.82	7.4
EC (dS/m)	dS/m	2.31	0.8
Zn (ppm)		0.28	0.96
Fe (ppm)		1.75	11.10
Mn (ppm)		5.98	14.6

Table 3. Humic acid and Seaweed extract characteristics in the test

Humic acid		Seaweed extract	
Total N (%)	0.5	Total N (%)	7
Water-soluble potassium (K ₂ O) (%)	15	P (%)	5
Soluble iron (%)	0.35	Water-soluble potassium (K ₂ O) (%)	12
Humic acid (%)	45	Soluble iron (%)	0.5
Organic carbon (%)	32	Amino acid (%)	2.5
Organic matter (%)	50	Algae extract (%)	25
Humidity (%)	5	Alginate acid (%)	4
EC (dS/m) - pH	22-10	Organic matter (%)	20

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که اثر سه جانبه مکان \times تیمار آبیاری \times محلول-پاشی برای صفات نشت یونی و رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a ، کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌داری بود، در حالی که محتوای نسبی آب و میزان پروتئین به‌طور معنی-داری تحت تأثیر اثرات ساده مکان، تیمار آبیاری، محلول‌پاشی و اثر دو جانبه مکان \times تیمار آبیاری قرار گرفت اما اثر سه جانبه مکان \times تیمار آبیاری \times محلول-پاشی معنی‌دار نبود. اثرات دو جانبه تیمار آبیاری \times محلول‌پاشی، مکان \times محلول‌پاشی برای پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما برای محتوای نسبی آب معنی‌دار نبود.

محتوای نسبی آب: مقایسه میانگین اثر دو جانبه مکان \times تیمار آبیاری (جدول ۵) نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آب (۸۶/۱۱ درصد) در مکان قصر شیرین و تحت تیمار آبیاری کامل و کمترین مقدار (۶۶/۱۰ درصد) در مکان دالاهو و تیمار قطع آبیاری زمان آغاز گل‌دهی به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که قطع آبیاری باعث کاهش محتوای نسبی آب شد. کاهش محتوای آب سلول تحت تنش خشکی در زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) گزارش شده است (Kazemi et al., 2018). محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش محتوای نسبی آب در کینوا گردید. بیشترین درصد محتوای نسبی آب با کاربرد ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی به‌دست آمد (شکل ۱). عصاره جلبک دریایی ضمن حفظ محتوای نسبی آب در گیاه، از تغییرات آب سلول جلوگیری کرده در نتیجه غشاهای سلول در اثر تنش کم‌آبی محافظت شده و کمتر آسیب می‌بینند (Whapham et al., 1993). تأثیر مثبت مصرف عصاره جلبک دریایی در شرایط تنش‌های محیطی گزارش شده است (Sridhar and Rengasamy, 2011; Jannin et al., 2013). کاربرد عصاره جلبک دریایی در کاهو، فلفل، کرفس،

آبیاری گیاهان در تیمار شاهد و تیمارهای قطع آبیاری تا قبل از اعمال قطع آبیاری، پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک انجام یافت، به‌طوری-که پس از فرارسیدن موعد آبیاری در هر یک از تیمارهای مورد آزمایش، با توجه به رطوبت موجود در خاک، مقدار آب مورد نیاز بر اساس رابطه ۱ و ۲ برآورد (Farshi et al., 2003) و سپس با کاربرد سیستم نواری مقدار آب محاسبه شده به‌طور یکنواخت وارد کرت‌های آزمایشی شد.

۱۰ روز بعد از اینکه ارتفاع بوته به ۲۰ سانتی‌متری رسید، نمونه‌برداری از جوان‌ترین برگ برای سنجش صفات مورد مطالعه در قصر شیرین ۲۶ اردیبهشت ماه و در دالاهو ۱۷ مرداد ماه سال ۱۳۹۸ انجام شد. سپس نمونه‌ها به درون فلاسک نیتروژن مایع و آزمایشگاه منتقل شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری: شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله محتوای نسبی آب به روش Ritchie and Nguyen (1990)، تعیین غلظت کلروفیل a ، کلروفیل b ، نسبت کلروفیل a/b به روش Arnon (1967)، میزان قندهای محلول به روش Irigoyen et al., (1992) و میزان نشت یونی غشا به روش Korkmaz et al., (2010) اندازه‌گیری شدند. جهت سنجش میزان پرولین از روش Bates et al., (1973) و استخراج عصاره پروتئینی به روش (Sudhakar et al., 2001) و نیز اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند پراکسیداز و کاتالاز از روش Kar and Mishra (1976) و سوپراکسیددیسموتاز بر اساس روش Giannopolitis and Ries (1977) انجام گرفت.

تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های حاصل از این آزمایش، با کمک نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

کاهش محتوای پروتئین تحت تنش خشکی با کاهش سنتز و افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین مرتبط باشد. در تحقیق حاضر، مصرف عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید موجب تعدیل اثر تنش قطع آبیاری و افزایش میزان پروتئین گردید (جدول ۶). همچنین بیشترین و کمترین غلظت پروتئین در مناطق قصر شیرین و دالاهو به ترتیب به مصرف ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی و بدون محلول‌پاشی کودهای زیستی (شرایط کنترل) تعلق داشت (شکل ۲). محققان افزایش میزان پروتئین در اثر مصرف ورمی-کمپوست را گزارش کرده‌اند، که با یافته این پژوهش مطابقت دارد (Heidarpour *et al.*, 2020). افزایش درصد پروتئین بر اثر کاربرد کودهای زیستی با تأثیر بر کارایی تنظیم‌کنندگی رشد و افزایش فعالیت فیزیولوژیکی و متابولسمی در گیاهان مرتبط دانسته شده است (RamRao *et al.*, 2007).

خربزه، مریم گلی و گوجه‌فرنگی نیز محتوای نسبی آب برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Kumari *et al.*, 2011; Xu and Leskovar, 2015).

غلظت پروتئین: مقایسه میانگین اثر متقابل مکان × تیمار آبیاری (جدول ۵) نشان داد که در شرایط قطع آبیاری غلظت پروتئین کاهش یافت. بیشترین (۰/۸۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کمترین مقدار پروتئین (۰/۴۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) به ترتیب در تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در ابتدای گل‌دهی مربوط به مکان قصر شیرین بود. کاهش مقدار پروتئین در اثر تنش قطع آبیاری با نتایج به‌دست آمده در گیاه شوید توسط محققان دیگر هم‌خوانی دارد (Mohammadkhani and Heidari, 2008; Setayesh Mehrz and Ganjali, 2013). همچنین محققان گزارش کردند که تنش خشکی، بیان ژن‌های کدکننده پروتئین‌های درون سلولی را القا کرده و سبب تجزیه پروتئین‌ها و تحرک مجدد نیتروژن و متعاقب آن سنتز مواد محلول سازگاز می‌گردد (Feller, 2004). از این رو به نظر می‌رسد که

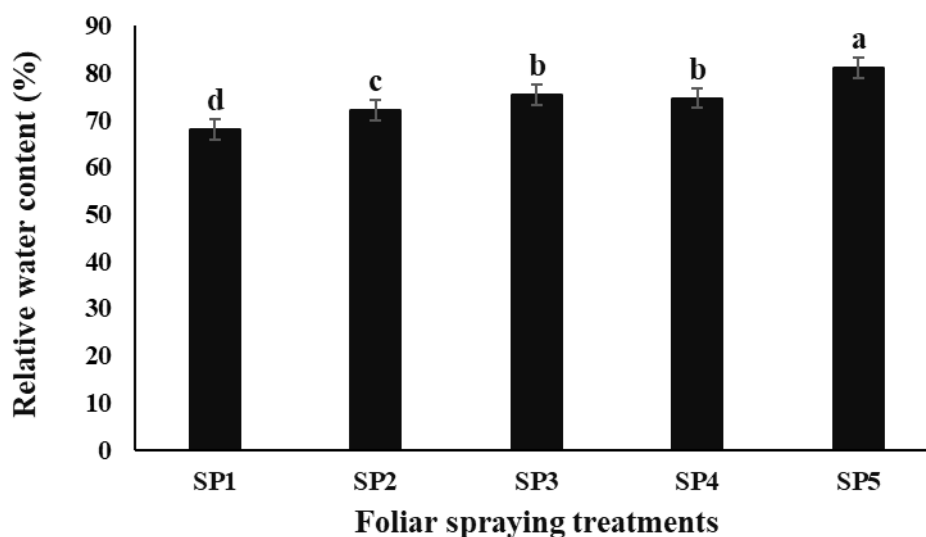


Figure 1. Changes in Relative water content (RWC) of quinoa (%) by foliar spray treatments under Qasr Shirin and Dalaho conditions.
 *FS 1: control FS 2: Humic acid (1.5 kg/ha), FS 3: Humic acid (2 kg/ha), FS 4: Seaweed extract (1 kg/ha), FS 5: Seaweed extract (1.5 kg/ha)
 Means with similar letters based on LSD test showed no significant difference at 5% probability level.

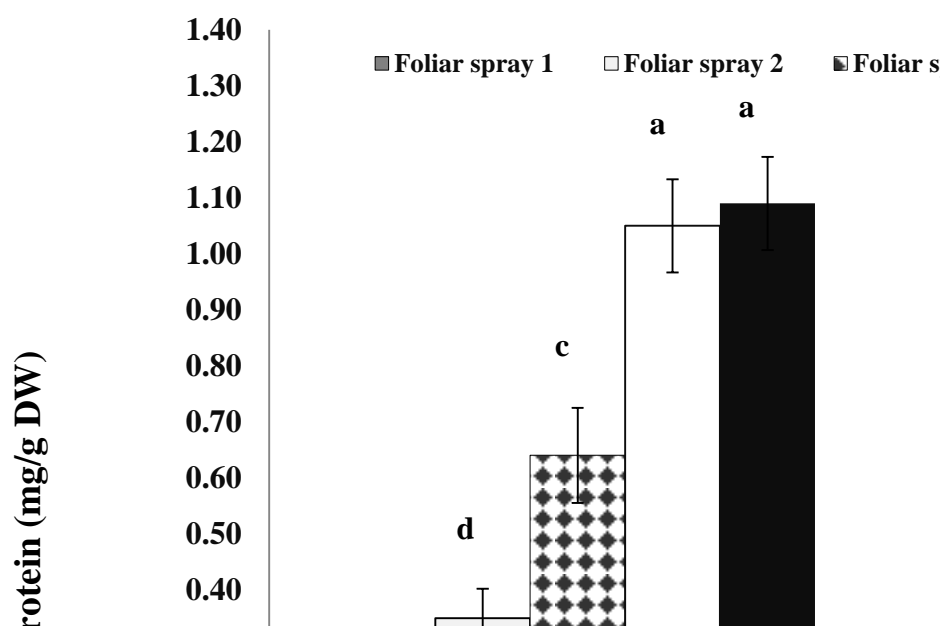


Figure 2. Changes in Protein content of quinoa (mg/g DW) by foliar spray treatments under Qasr Shirin and Dalaho conditions.

*FS 1: control FS 2: Humic acid (1.5 kg/ha), FS 3: Humic acid (2 kg/ha), FS 4: Seaweed extract (1 kg/ha), FS 5: Seaweed extract (1.5 kg/ha)

Means with similar letters based on LSD test showed no significant difference at 5% probability level.

Table 4. Results of the analyses of variance effects of irrigation and foliar spraying treatments on chl a, chl b, carotenoids, electrolyte leakage, relative water content (RWC), protein, carbohydrate, proline and some of antioxidant enzymes under Qasr Shirin and Dalaho conditions

SOV	df	Means of square (MS)					
		Chl a	Chl b	Carotenoids	EL	RWC	protein
Site (S)	1	0.030 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	12.224 [*]	63.365 ^{**}	0.186 ^{**}
r(S)	6	0.008 ^{ns}	0.0076 ^{**}	0.00069 ^{ns}	12.894 ^{**}	140.893 ^{**}	0.052 ^{**}
Irrigation (I)	2	1.206 ^{**}	0.4597 ^{**}	0.02191 ^{**}	820.584 ^{**}	2821.057 ^{**}	1.145 ^{**}
S×I	2	0.565 ^{**}	0.0861 ^{**}	0.01126 ^{**}	13.572 ^{**}	170.410 ^{**}	0.108 ^{**}
r×I×S	12	0.065 [*]	0.0218 ^{**}	0.00370 ^{**}	11.487 ^{**}	14.871 ^{*/*}	0.053 ^{**}
Foliar Spray (FS)	4	5.962 ^{**}	1.9079 ^{**}	0.16203 ^{**}	897.533 ^{**}	549.774 ^{**}	3.367 ^{**}
FS×I	8	0.056 [*]	0.0158 ^{**}	0.00161 ^{ns}	26.040 ^{**}	2.689 ^{ns}	0.115 ^{**}
FS×S	4	0.208 ^{**}	0.0593 ^{**}	0.00639 ^{**}	12.734 ^{**}	6.780 ^{ns}	0.330 ^{**}
FS×I×S	8	0.059 [*]	0.0252 ^{**}	0.00226 [*]	5.383 [*]	1.725 ^{ns}	0.025 ^{ns}
Error	72	0.026	0.0023	0.00082	2.280	3.274	0.014
(%) CV	-	19.88	10.29	21.33	11.91	2.43	19.38
SOV	df	Carbohydrate	CAT	POX	Proline	SOD	
Site (S)	1	0.002 ^{ns}	0.279 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.000004 ^{ns}	
r(S)	6	0.043 [*]	0.166 ^{ns}	0.113 ^{ns}	0.0160 ^{ns}	0.022398 [*]	
Irrigation (I)	2	1.318 ^{**}	3.612 ^{**}	7.018 ^{**}	0.4342 ^{**}	1.537253 ^{**}	
S×I	2	0.004 ^{ns}	0.537 ^{**}	0.934 ^{**}	0.0393 [*]	0.153370 ^{**}	
r×I×S	12	0.216 ^{**}	0.137 ^{ns}	0.419 ^{**}	0.0234 [*]	0.075420 ^{**}	
Foliar Spray (FS)	4	8.743 ^{**}	14.730 ^{**}	39.681 ^{**}	1.7020 ^{**}	7.888081 ^{**}	
FS×I	8	0.343 ^{**}	0.167 ^{ns}	0.609 ^{**}	0.0243 ^{ns}	0.117705 ^{**}	
FS×S	4	1.541 ^{**}	1.429 ^{**}	0.448 ^{**}	0.0359 [*]	0.085962 ^{**}	
FS×I×S	8	0.209 ^{**}	0.187 ^{ns}	0.443 ^{**}	0.0234 ^{ns}	0.079725 ^{**}	
Error	72	0.014	0.102	0.065	0.065	0.009032	
(%) CV	-	11.98	23.76	12.50	12.50	10.16	

ns, * and ** are non-significant and significant respectively at the five percent and one percent probability levels.

Table 5. Interaction of irrigation × locations on Protein Content and Relative water content (RWC) of quinoa

Irrigation treatments	Protein (mg/g ⁻¹ DW)		RWC (%)	
	Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho
Irrigation 1	0.85 ^a ±0.11	0.69 ^{ab} ±0.09	86.11 ^a ±1.00	80.30 ^b ±1.32
Irrigation 2	0.41 ^c ±0.06	0.45 ^{bc} ±0.08	67.05 ^d ±1.32	66.10 ^d ±1.50
Irrigation 3	0.69 ^{ab} ±0.08	0.58 ^{bc} ±0.09	71.65 ^c ±1.06	74.05 ^c ±1.19
(LSD (0.05%)	0.24		3.12	

Irrigation treatments 1, 2, and 3 show full irrigation, irrigation cut-off at the beginning of flowering and irrigation cut-off at the beginning of seed growth, respectively.

Table 6. Interaction of Irrigation × foliar spraying on Protein Content of quinoa

Foliar spraying treatments	Protein (mg/g ⁻¹ DW)		
	Irrigation1	Irrigation2	Irrigation3
Foliar Spray1	0.211 ^f ±0.007	0.063 ^f ±0.007	0.139 ^f ±0.053
Foliar Spray2	0.756 ^{cd} ±0.005	0.630 ^{cd} ±0.118	0.816 ^c ±0.107
Foliar Spray3	1.064 ^b ±0.125	0.584 ^{de} ±0.063	0.813 ^c ±0.089
Foliar Spray4	1.400 ^a ±0.014	0.767 ^{cd} ±0.034	1.009 ^b ±0.047
Foliar Spray5	0.438 ^e ±0.007	0.143 ^f ±0.029	0.416 ^e ±0.098
LSD (0.05%)	0.187		

Irrigation treatments 1, 2 and 3 show full irrigation, irrigation cut-off at the beginning of flowering and irrigation cut-off at the beginning of seed growth, respectively. *FS 1: control FS 2: Humic acid (1.5 kg/ha), FS 3: Humic acid (2 kg/ha), FS 4: Seaweed extract (1 kg/ha), FS 5: Seaweed extract (1.5 kg/ha)

نتایج تحقیق حاضر در رابطه با افزایش نشت یونی تحت تنش و کاهش میزان نشت یونی در اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی همسو با یافته‌های (2020) *et al.*, Heidarpour در گیاه مرزه و (2020) *et al.*, Esmailpour در گیاه ریحان بود. تقویت سیستم آنتی-اکسیدانی گیاه و کاهش پراکسیداسیون غشا در اثر مصرف عصاره جلبک دریایی توسط محققان نیز گزارش شده است (Elansary *et al.*, 2017; Esmailpour *et al.*, 2020). همچنین در تحقیقی دیگر (2020) *et al.*, Beigzadeh دریافتند که نشت یونی در شرایط تنش با مصرف عصاره جلبک دریایی در لوبیا سفید کاهش می‌یابد.

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج مقایسه

میانگین نشان داد که قطع آبیاری باعث کاهش کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کارتنوئید گردید. کمترین میزان کلروفیل *a* (۰/۱۳ میلی گرم بر گرم) در تیمار شاهد با قطع آبیاری در ابتدای گل‌دهی مربوط به مکان قصر شیرین و کلروفیل *b* (۰/۰۸ میلی گرم بر گرم) و کمترین غلظت کارتنوئید (۰/۰۲ میلی گرم در گرم) به ترتیب

نشت یونی: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش

کم آبی باعث افزایش میزان نشت یونی گردید، به طوری- که بیشترین میزان نشت یونی (۲۶ درصد) در تیمار قطع آبیاری در ابتدای گل‌دهی و بدون محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید، در مکان گرمسیری قصر شیرین به دست آمد. کمترین مقدار نشت یونی (۲/۱ درصد) در تیمار آبیاری کامل و کاربرد ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی در مکان سرد دالاهو ملاحظه شد (جدول ۵). محققان افزایش نشت یونی بر اثر تنش خشکی و شوری را در گیاهان گزارش کردند (Hnilickova *et al.*, 2019; Altinci and Cangi, 2019)، به طوری که افزایش تنش خشکی منجر به اختلال در غشای سلولی و غیر فعال‌سازی پمپ‌های یونی در غشای سلول می‌شود و در نتیجه سرعت نشت الکترولیت افزایش می‌یابد. کاربرد عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید باعث کاهش چشم‌گیر نشت یونی در گیاه کینوا شد، به طوری که کمترین میزان نشت یونی در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی در مکان دالاهو به دست آمد (جدول ۷).

قطع آبیاری شد، به طوری که روند افزایشی در تمام تیمارهای آبیاری با محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید در دو مکان مورد مطالعه مشاهده شد. عصاره جلبک دریایی دارای عناصر ریز مغذی از جمله آهن، روی، مس، کبالت و هورمون‌های رشد نظیر اکسین و سیتوکینین و نیز نیتروژن، اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها می‌باشد که باعث مقاومت در برابر تنش خشکی، شوری و دما می‌شود (Haghparsat and Farahani, 2020). اثر مثبت جلبک دریایی و اسید هیومیک در افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a ، b ، کلروفیل کل و کاروتنوئید گزارش شده است (Shahbazi *et al.*, 2015; Mafakheri, 2017). Esmailpour *et al.*, (2020) در گیاه ریحان تحت تنش و (Mafakheri (2017) در گیاه شنبلیله افزایش میزان کلروفیل a و b و Aminifard and Khandan (2018) افزایش کلروفیل و میزان کاروتنوئید در سویا با مصرف عصاره جلبک دریایی را کرده‌اند، که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. همچنین کاهش میزان کاروتنوئید در شرایط تنش می‌تواند به علت تجزیه بتاکاروتن و تشکیل گزانتین در چرخه زانتوفیل باشد (Kabiri *et al.*, 2014). کاهش محتوای کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در دیگر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (Akbari *et al.*, 2016).

تحت شرایط قطع آبیاری در ابتدای شروع دانه‌بندی و ابتدای گل‌دهی و نیز بدون مصرف عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید در مکان دالاهو به دست آمد (جدول ۵). بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۷۶ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط بدون تنش و کاربرد ۱/۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کلروفیل b (۰/۹۹ میلی‌گرم بر گرم) و کاروتنوئید (۰/۲۹ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار محلول پاشی ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی و شرایط آبیاری کامل در مکان قصرشیرین به دست آمد. محلول-پاشی عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید موجب تعدیل اثر تنش کم‌آبی و افزایش میزان کلروفیل a و b به خصوص با مصرف عصاره جلبک دریایی نسبت به شاهد گردید (جدول ۷). تأثیر تنش خشکی بر کاهش میزان کلروفیل a و کاروتنوئید در گیاه مرزه، ریحان و نعنا توسط محققان مختلف گزارش شده است (Mishra and Singh, 2010; Esmailpour *et al.*, 2020; Heidarpour *et al.*, 2020)، که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش می‌تواند به علت افزایش میزان هورمون‌هایی مانند اتیلن و آبسزیک اسید باشد که در نتیجه فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز افزایش یافته و به دلیل هیدرولیز کلروپلاست و پروتئین‌های تیلاکوئیدی محتوای کلروفیل کل و نسبت کلروفیل‌ها کاهش یافته باشد (Aghlmand *et al.*, 2018). کاربرد عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید باعث جلوگیری از کاهش کلروفیل a و کاروتنوئید در اثر

Table 7. Comparisons of mean Chlorophyll a, Chlorophyll b, Carotenoids, Electrolyte leakage and Relative water content traits related to Irrigation and foliar spraying treatments under Qasr Shirin and Dalaho conditions

FS	I	Chl a (mg.g ⁻¹)		Chl b (mg.g ⁻¹)		Carotenoid (mg.g ⁻¹)		EL (%)	
		Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho
FS1	I1	0.310 ^{kl} ±0.006	0.345 ^{ijkl} ±0.066	0.209 ^{gh} ±0.028	0.178 ^{hi} ±0.003	0.049 ^{k-n} ±0.001	0.047 ^{k-n} ±0.001	13.17 ^{ghi} ±1.09	13.13 ^{ghi} ±1.30
FS2		0.581 ^{ij} ±0.006	0.657 ^{hi} ±0.081	0.334 ^f ±0.003	0.329 ^f ±0.003	0.094 ^{h-k} ±0.001	0.093 ^{ijk} ±0.001	10.16 ^{jk} ±0.70	9.98 ^{ijkl} ±1.69
FS3		0.954 ^{fg} ±0.006	1.038 ^{d-g} ±0.085	0.541 ^{de} ±0.003	0.542 ^{de} ±0.002	0.156 ^{efg} ±0.001	0.156 ^{efg} ±0.001	7.57 ^{klm} ±0.83	7.34 ^{lmn} ±1.18
FS4		1.712 ^a ±0.006	1.116 ^{c-f} ±0.091	0.962 ^a ±0.003	0.536 ^{de} ±0.003	0.283 ^a ±0.001	0.155 ^{efg} ±0.001	6.46 ^{mn} ±0.99	4.87 ^{nop} ±0.88
FS5		1.760 ^a ±0.006	1.738 ^a ±0.016	0.989 ^a ±0.003	0.957 ^a ±0.003	0.291 ^a ±0.001	0.281 ^a ±0.001	2.45 ^{pq} ±0.44	2.14 ^q ±0.42
FS1	I2	0.138 ^l ±0.013	0.188 ^l ±0.049	0.107 ⁱ ±0.027	0.126 ^{hi} ±0.054	0.017 ^{mn} ±0.001	0.016 ⁿ ±0.001	26.02 ^a ±0.63	24.92 ^a ±0.63
FS2		0.191 ^l ±0.002	0.455 ^{ijk} ±0.087	0.298 ^{fg} ±0.079	0.376 ^f ±0.093	0.054 ^{k-n} ±0.014	0.066 ^{i-m} ±0.013	20.02 ^{cde} ±0.31	21.85 ^{bc} ±0.89
FS3		0.517 ^{ijk} ±0.006	1.022 ^{d-g} ±0.113	0.486 ^e ±0.075	0.491 ^{de} ±0.003	0.113 ^{g-j} ±0.016	0.163 ^{def} ±0.045	17.35 ^{ef} ±0.20	18.22 ^{def} ±1.41
FS4		0.908 ^{fg} ±0.013	1.017 ^{efg} ±0.174	0.667 ^{bc} ±0.051	0.712 ^b ±0.003	0.149 ^{efg} ±0.002	0.176 ^{cde} ±0.017	11.47 ^{ij} ±1.05	14.37 ^{gh} ±1.19
FS5		0.951 ^{fg} ±0.016	1.551 ^{ab} ±0.204	0.694 ^b ±0.051	0.984 ^a ±0.003	0.156 ^{efg} ±0.003	0.250 ^{ab} ±0.022	3.61 ^{opq} ±0.69	8.37 ^{klm} ±1.55
FS1	I3	0.131 ^l ±0.003	0.147 ^l ±0.005	0.085 ⁱ ±0.002	0.083 ⁱ ±0.003	0.036 ^{lmn} ±0.001	0.035 ^{lmn} ±0.015	23.70 ^{ab} ±0.97	20.22 ^{cd} ±1.15
FS2		0.500 ^{ijk} ±0.006	0.313 ^{kl} ±0.076	0.159 ^{hi} ±0.042	0.112 ^{hi} ±0.001	0.071 ^{kl} ±0.001	0.056 ^{k-n} ±0.029	17.45 ^{ef} ±0.16	17.30 ^f ±0.60
FS3		0.873 ^{gh} ±0.006	0.854 ^{gh} ±0.311	0.347 ^f ±0.048	0.293 ^{fg} ±0.003	0.125 ^{kl} ±0.001	0.142 ^{e-h} ±0.036	13.70 ^{ghi} ±0.84	14.57 ^g ±1.08
FS4		1.271 ^{cd} ±0.006	0.924 ^{fg} ±0.013	0.565 ^{de} ±0.050	0.514 ^{de} ±0.003	0.209 ^{bcd} ±0.001	0.146 ^{efg} ±0.026	9.36 ^{ijkl} ±0.92	11.83 ^{hij} ±1.77
FS5		1.319 ^{bc} ±0.006	1.233 ^{cde} ±0.082	0.589 ^{cd} ±0.051	0.739 ^b ±0.003	0.217 ^{bc} ±0.001	0.217 ^{bc} ±0.029	2.77 ^{pq} ±0.27	5.71 ^{mno} ±1.88
(LSD (0.05%		0.249		0.098		0.048		2.68	

Irrigation treatments (I) 1, 2 and 3 show full irrigation, irrigation cut-off at the beginning of flowering and irrigation cut-off at the beginning of seed growth, respectively. Foliar spray (FS)*FS 1: control FS 2: Humic acid (1.5 kg/ha), FS 3: Humic acid (2 kg/ha), FS 4: Seaweed extract (1 kg/ha), FS 5: Seaweed extract (1.5 kg/ha).

گرم وزن تر) در شرایط قطع آبیاری ابتدای گل دهی و کمترین مقدار (۰/۳۵۴ مول بر گرم وزن تر) تحت آبیاری کامل در قصر شیرین به دست آمد (جدول ۸). هنگامی - که گیاه در معرض تنش قرار می گیرد، غلظت اسمولیت - ها را افزایش می دهد و با تنظیم اسمزی جذب آب در شرایط تنش را ادامه می دهد. بین اسمولیت های آلی، پرولین احتمالاً فراوان ترین و عمومی ترین ماده حل شده سازگار است که تجمع می یابد (Sabouri et al., 2017). افزایش پرولین در اثر تنش خشکی در سویا و گندم گزارش شده است (Kamrava et al., 2017; Sadati et al., 2022). کاربرد عصاره جلبکی و هیومیک اسید باعث افزایش میزان پرولین شد، به طوری - که بیشترین مقدار پرولین (۰/۸۵۴ مول بر گرم وزن تر) با مصرف ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی و

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۶) اثر سه جانبه مکان × محلول پاشی × تیمار آبیاری برای صفات قندهای محلول و فعالیت آنزیم های پراکسیداز و سوپراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین برای محتوای پرولین نتایج نشان داد که اثرات متقابل مکان × تیمار آبیاری و مکان × محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود، اما تیمار آبیاری × محلول پاشی غیر معنی دار بود، در حالی که برای آنزیم کاتالاز اثرات دو جانبه مکان × تیمار آبیاری، محلول - پاشی × تیمار آبیاری و مکان × محلول پاشی برای آنزیم کاتالاز معنی دار بود (جدول ۴).

محتوای پرولین: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی میزان پرولین افزایش یافت، به طوری که بیشترین مقدار پرولین (۰/۶۰۸ مول بر

کمترین مقدار (۰/۲۰۵ مول بر گرم وزن تر) بدون مصرف عصاره جلبکی و هیومیک اسید در مکان دالاهو مشاهده شد (جدول ۸). تأثیر محلول پاشی با هیومیک اسید و عصاره جلبکی در افزایش میزان پرولین در گیاه مرزه و خرفه گزارش گردیده است (Hosseinian et al., 2019; Bamshad et al., 2022)، که مطابق با نتایج این تحقیق است.

میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان:

مقایسه میانگین اثر متقابل مکان × تیمار آبیاری نشان داد که در شرایط قطع آبیاری فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان آنزیم کاتالاز ($U \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$) تحت تیمار قطع آبیاری در آغاز گل-دهی و کمترین مقدار این صفت هنگام آبیاری کامل به مکان قصر شیرین اختصاص داشت (جدول ۸). بیشترین مقدار آنزیم کاتالاز ($U \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$) در مکان قصر شیرین، با مصرف ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی و کمترین مقدار این آنزیم ($U \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$) در مکان دالاهو بدون مصرف عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید به دست آمد (جدول ۹). همچنین مقایسه میانگین اثر دو جانبه تیمار آبیاری × محلول پاشی نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز ($U \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$) قطع آبیاری در مرحله شروع دانه‌بندی و مصرف ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی و کمترین مقدار این آنزیم در مرحله آبیاری کامل و بدون مصرف عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید ملاحظه شد (جدول ۹). کاربرد هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی در تحقیق حاضر باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تنش خشکی شد، که هم-سو با یافته‌های Taghaddosi et al., (2013) در سورگوم علوفه‌ای و Beigzadeh et al., (2020) در گیاه لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus* L.) بود. جدول ۹ مقایسه میانگین داده‌ها، در شرایط قطع آبیاری فعالیت آنزیم پراکسیداز افزایش یافت، به طوری که بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز ($U \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$) در مکان

قصر شیرین و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ($U \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$) در مکان دالاهو، با قطع آبیاری در ابتدای گل‌دهی و زمان محلول پاشی ۱/۵ کیلوگرم در هکتار عصاره جلبک دریایی به دست آمد و کمترین مقدار آنزیم پراکسیداز ($U \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$) و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با آبیاری کامل و بدون مصرف عصاره جلبکی و اسید هیومیک در مکان دالاهو به دست آمد (جدول ۱۰). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، دارای سیستم دفاعی کارآمدی هستند. معمولاً در شرایط کمبود آب، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) به ویژه جهت کنترل تولید رادیکال‌های آزاد مانند پراکسید هیدروژن افزایش می‌یابند (Naliwajski and Skłodowska, 2021). افزایش آنزیم پراکسیداز در اثر تنش خشکی در گندم و لوبیا سفید گزارش شده است (Sadati et al., 2022)، که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. همچنین Beigzadeh et al., (2020) در لوبیا سفید افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز را در اثر مصرف جلبک دریایی گزارش کردند، که با یافته‌های تحقیق حاضر در رابطه با مصرف عصاره جلبکی و هیومیک اسید که موجب بهبود فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز شد مطابقت داشت.

میزان قندهای محلول: نتایج مقایسه میانگین

(جدول ۱۰) نشان داد که قطع آبیاری باعث افزایش میزان قندهای محلول شد، به طوری که بیشترین مقدار این صفت (۲/۲۰ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) تحت تیمار آبیاری کامل و مصرف ۲ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید و کمترین میزان کربوهیدرات (۰/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) تحت تیمار آبیاری کامل و بدون مصرف عصاره جلبک و هیومیک اسید مکان دالاهو به دست آمد. یافته‌های این تحقیق با نتایج مطالعات انجام گرفته در گیاه رازیانه و سورگوم دانه‌ای هم‌خوانی داشت

کرده و گیاهان با افزایش میزان قند، میزان آب درون سلولی را کاهش داده و مولکول‌های آب را به حالت پیوندی در می‌آورند. مواد تعدیل‌کننده تنش از قبیل هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی نیز با افزایش میزان قندها توان دفاعی گیاه را در مقابل از دست دادن آب و خشکیدگی افزایش می‌دهند و اثرات این تیمارها در افزایش قندها در سطوح بالای تنش مشهودتر است.

(Rezaei Chyanh *et al.*, 2012; Azari Nasrabad *et al.*, 2016). محققان بیان کردند که مصرف عصاره جلبک دریایی باعث افزایش میزان کربوهیدرات محلول در گیاه *Vigna radiate* و گندم می‌شود (Paul and Yuvaraj, 2014; Seyyed Nejad and Gilani, 2015). افزایش میزان قندها در شرایط تنش از راهکارهای گیاه در جهت ایجاد تعدیل اسمزی و مقابله با اثرات تنش می‌باشد و انرژی لازم برای سنتز قندها از رشد بیشتر گیاه و ارسال قندها به مراکز رشد جلوگیری

نسخه
پیش
از انتشار

Table 8. Intraction of Irrigation × locations and foliar spraying× locations on Catalase (CAT) and Prolin of quinoa

Irrigation treatments	Catalase (U.min ⁻¹ .mg ⁻¹)		Prolin (mol/g FW)	
	Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho
Irrigation 1	0.974 ^c ±0.151	1.029 ^{bc} ±0.209	0.356 ^c ±0.049	0.388 ^{bc} ±0.068
Irrigation 2	1.707 ^a ±0.218	1.344 ^{abc} ±0.155	0.608 ^a ±0.073	0.533 ^{ab} ±0.057
Irrigation 3	1.509 ^{ab} ±0.173	1.528 ^{ab} ±0.190	0.508 ^{abc} ±0.055	0.543 ^{ab} ±0.062
LSD (0.05%)		0.521		0.173
Foliar spraying treatments	Catalase (U.min ⁻¹ .mg ⁻¹)		Prolin (mol/g FW)	
	Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho
Foliar Spray1	0.765 ^d ±0.106	0.749 ^d ±0.132	0.294 ^d ±0.033	0.299 ^d ±0.042
Foliar Spray2	1.352 ^c ±0.111	1.886 ^b ±0.190	0.471 ^c ±0.036	0.480 ^{bc} ±0.043
Foliar Spray3	2.146 ^{ab} ±0.156	1.310 ^c ±0.089	0.737 ^a ±0.052	0.603 ^b ±0.033
Foliar Spray4	2.346 ^a ±0.128	2.235 ^{ab} ±0.165	0.804 ^a ±0.043	0.854 ^a ±0.047
Foliar Spray5	0.375 ^e ±0.061	0.321 ^e ±0.061	0.147 ^e ±0.020	0.205 ^{de} ±0.073
LSD (0.05%)		0.353		0.123

Irrigation treatments (I) 1, 2 and 3 show full irrigation, irrigation cut- off at the beginning of flowering and irrigation cut- off at the beginning of seed growth, respectively. Foliar spray (FS)*FS 1: control FS 2: Humic acid (1.5 kg ha), FS 3: Humic acid (2 kg/ha), FS 4: Seaweed extract (1 kg/ha), FS 5: Seaweed extract (1.5 kg/ha).

Table 9. Intraction of Irrigation × foliar spraying on Catalase (CAT) of quinoa

Foliar spraying treatments	Catalase (U.min ⁻¹ .mg ⁻¹)		
	Irrigation1	Irrigation2	Irrigation3
Foliar Spray1	0.297 ^g ±0.100	1.042 ^{ef} ±0.161	0.931 ^f ±0.111
Foliar Spray2	1.374 ^{de} ±0.265	1.750 ^{cd} ±0.186	1.732 ^{cd} ±0.141
Foliar Spray3	1.255 ^{ef} ±0.155	2.042 ^{bc} ±0.249	1.887 ^c ±0.150
Foliar Spray4	1.871 ^c ±0.287	2.410 ^{bc} ±0.367	2.587 ^a ±0.110
Foliar Spray5	0.210 ^g ±0.022	0.381 ^g ±0.153	0.454 ^g ±0.090
LSD (0.05 %)		0.415	

Irrigation treatments (I) 1, 2 and 3 show full irrigation, irrigation cut- off at the beginning of flowering and irrigation cut- off at the beginning of seed growth, respectively. Foliar spray (FS)*FS 1: control FS 2: Humic acid (1.5 kg ha), FS 3: Humic acid (2 kg/ha), FS 4: Seaweed extract (1 kg/ha), FS 5: Seaweed extract (1.5 kg/ha)

Table 10. The mean values of Carbohydrate, Peroxidase (APX) and Superoxide dismutase (SOD) related to Irrigation and foliar spraying treatments under Qasr Shirin and Dalaho conditions

Foliar spraying treatments	Irrigation treatments	Carbohydrate (mg.g ⁻¹ FW)		POX (U.min ⁻¹ .mg ⁻¹)		SOD (U.min ⁻¹ .mg ⁻¹)	
		Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho	Qasr Shirin	Dalaho
FS1	I 1	0.254 ^{nop} ±0.117	0.119 ^p ±0.004	0.315 ⁱ ±0.008	0.279 ⁱ ±0.008	0.162 ^k ±0.003	0.158 ^k ±0.003
FS2		0.420 ^{l-o} ±0.221	0.187 ^{op} ±0.002	0.447 ⁱ ±0.004	0.411 ⁱ ±0.004	0.220 ^{jk} ±0.002	0.216 ^{jk} ±0.002
FS3		0.822 ^{hij} ±0.210	2.196 ^a ±0.005	1.261 ^h ±0.014	1.225 ^h ±0.014	0.582 ⁱ ±0.006	0.578 ⁱ ±0.006
FS4		1.239 ^{efg} ±0.118	0.603 ^{j-m} ±0.007	2.256 ^g ±0.014	2.220 ^g ±0.014	1.024 ^h ±0.006	1.020 ^h ±0.006
FS5		1.474 ^{cde} ±0.060	1.111 ^{gh} ±0.007	2.827 ^{ef} ±0.014	2.344 ^a ±0.010	1.278 ^{fg} ±0.006	1.961 ^a ±0.006
FS1	I 2	0.175 ^{op} ±0.064	0.218 ^{op} ±0.125	0.748 ⁱ ±0.200	0.597 ⁱ ±0.236	0.354 ^j ±0.089	0.350 ^j ±0.089
FS2		0.521 ^{k-n} ±0.110	0.781 ^{ijk} ±0.209	1.555 ^h ±0.213	1.637 ^h ±0.396	0.763 ⁱ ±0.096	0.759 ⁱ ±0.096
FS3		0.984 ^{ghi} ±0.123	1.409 ^{def} ±0.011	2.433 ^{fg} ±0.162	2.167 ^g ±0.060	1.103 ^{gh} ±0.073	1.094 ^{gh} ±0.068
FS4		1.607 ^{cd} ±0.210	1.058 ^{ghi} ±0.007	3.582 ^{cd} ±0.272	2.912 ^e ±0.117	1.738 ^{bc} ±0.119	1.377 ^{ef} ±0.055
FS5		1.727 ^{bc} ±0.171	1.567 ^{cd} ±0.007	4.064 ^{ab} ±0.275	3.386 ^{cd} ±0.284	1.842 ^{ab} ±0.127	1.661 ^{bcd} ±0.142
FS1	I 3	0.288 ^{nop} ±0.060	0.338 ^{m-p} ±0.007	0.504 ⁱ ±0.139	0.583 ⁱ ±0.117	0.246 ^k ±0.061	0.242 ^{jk} ±0.061
FS2		0.674 ^{jkl} ±0.022	0.686 ^{jkl} ±0.007	1.434 ^h ±0.150	1.449 ^h ±0.130	0.609 ⁱ ±0.026	0.605 ⁱ ±0.026
FS3		1.150 ^{fg} ±0.022	1.629 ^{cd} ±0.007	2.253 ^g ±0.061	2.268 ^g ±0.043	1.023 ^h ±0.026	1.019 ^h ±0.026
FS4		1.944 ^{ab} ±0.131	1.162 ^{fg} ±0.007	3.585 ^{cd} ±0.268	3.122 ^{de} ±0.102	1.491 ^{de} ±0.067	1.372 ^{ef} ±0.056
FS5		2.050 ^a ±0.133	2.130 ^a ±0.007	3.544 ^{cd} ±0.270	3.825 ^{bc} ±0.249	1.583 ^{cd} ±0.105	1.611 ^{cd} ±0.118
LSD (0.05%)		0.288		0.470		0.188	

Irrigation treatments (I) 1, 2 and 3 show full irrigation, irrigation cut-off at the beginning of flowering and irrigation cut-off at the beginning of seed growth, respectively. Foliar spray (FS)*FS 1: control FS 2: Humic acid (1.5 kg/ha), FS 3: Humic acid (2 kg/ha), FS 4: Seaweed extract (1 kg/ha), FS 5: Seaweed extract (1.5 kg/ha).

نتیجه گیری کلی

به طور کلی از نتایج این تحقیق چنین استنباط شد که تنش خشکی با کاهش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب و افزایش نشت غشا موجب افزایش تنش اکسیداتیو گردید. اثرات تنش خشکی در منطقه گرمسیر قصر شیرین بیشتر بود و بیشترین تأثیر تنش خشکی در مرحله قطع آبیاری و ابتدای گل‌دهی مشاهده شد. همچنین کاربرد اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی، با کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، بهبود محتوای نسبی آب، جلوگیری از نشت غشا و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدان (کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز)، باعث کاهش تنش اکسیداتیو در گیاه کینوا گردید، به طوری که بهترین تیمار با مصرف ۲/۷۵ گرم در لیتر اسید هیومیک و ۵ گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی به دست آمد. علاوه بر این، با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی آثار منفی تنش خشکی نسبت به هیومیک اسید بیشتر کاهش نشان داد. لازم به ذکر است که اثرات این دو ماده در تعدیل تنش خشکی در گیاهانی که ابتدای دوره گل-دهی با قطع آبیاری مواجه بودند به مراتب بیشتر بود. به طور کلی تولید کینوا در منطقه دالاهو مساعدتر از منطقه قصر شیرین می‌باشد.

سپاس‌گزاری

از کلیه اشخاص حقیقی و حقوقی که در انجام این تحقیق مساعدت نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- Aminifard, M.H., & Khandan, S. (2018). Investigation of the effect of different concentrations of Seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on growth, yield and biochemical characteristics of Bitter Pumpkin (*Momordica charantia* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 13(52), 56-66. [In Persian]
- Aghlmand, S., Esmailpour, B., Jalilvand, P., Hiedari, H.R., & Tavakoli-hassankelo, N. (2018). Effect of Salicylic acid and Paclobutrazol on growth and physiological traits of basil under water deficit stress conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 6(19), 35-46. [In Persian]
- Ali, S., Chattha, M. U., Hassan, M. U., Khan, I., Chattha, M. B., Iqbal, B., & Amin, M. Z. (2020). Growth, biomass production, and yield potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as affected by planting techniques under irrigated conditions. *International Journal of Plant Production*, 14, 427-441.
- Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23(1), 112-121.
- Altıncı, N.T., & Cangi, R. (2019). Drought tolerance of some wine grape cultivars under in vitro conditions. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 36(2), 145-152.
- Akbari, S.H., Kafi, M., & Rezvan Bidokhti, S.H. (2016). Effects of drought and plant density on some biochemical and physiological characteristics of two ecotypes of garlic (*Allium sativum* L.). *Iranian agricultural research*, 14(4), 1-12. [In Persian]
- Azari Nasrabad, A.S., Mousavi Nick, S.M., Golavi, M., Beheshti, A.S. & Sirus Mehr, A.S. (2016). Effect of drought stress in different growth stages on yield and its components and biochemical characteristics of grain sorghum genotypes. *Iranian agricultural research*, 15(3). [In Persian]
- Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., & Haydari, M. (2023). Investigating the phenological stages and soybean yield under the influence of seaweed extract and initial seed quality. *Plant Productions*, 45(4), 533-548. [In Persian]
- Beigzadeh, S., Maleki, A., Mirzaee Heydari, M., Rangin, A., & Khorgami, A. (2020). Effects of salicylic acid and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extracts application on some physiological traits of white bean (*Phaseolus lanatus* L.) under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 14(53 (1)), 21-44.
- Bamshad, R., Sirousmehr, A.R., Mahmoodi, A., & Heydarisadegh, N. (2022). Effect of spraying various levels of humic acid on some morphophysiological and biochemical properties of purslane (*Portulaca oleracea*) affected by drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(3), 669-680.
- Bates, L. S., Waldren, R.P.A., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
- De Oliveira Maia Júnior, S., de Andrade, J.R., dos Santos, C.M., Silva, A.L.J., Endres, L., Silva, J.V. & dos Santos Silva, L.K. (2020). Osmoregulators accumulation minimizes the effects of drought stress in sugarcane and contributes to the recovery of photochemical efficiency in photosystem II after rewatering. *Acta physiologiae plantarum*, 42(4), 1-11.
- Dawood, M. G., Mervat, S., & Sadak, h. (2014). Physiological role of glycinebetaine in alleviating the deleterious effects of drought stress on canola plants (*Brassica napus* L.). *Middle East Journal of Agricultural Research*, 3(3): 638-644.
- El-Sayed, A.B., Shehata, S.A., Taha, S.S., Hamouda, H.A., Abdelgawad, K.F., & Youssef, D.M. (2018). Algae extract overcoming the adverse effects of saline stress in hydroponic grown tomato plants. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 16(2), 92-99.
- Elewa, T.A., Sadak, M.S., & Dawood, M.G. (2017). Improving drought tolerance of quinoa plant by foliar treatment of trehalose. *Agri-food and Biomass Supply Chains*, 33, 245-254.
- Elansary, H.O., Yessoufou, K., Abdel-Hamid, A.M., El-Esawi, M.A., Ali, H.M., & Elshikh, M.S. (2017). Seaweed extracts enhance Salam turfgrass performance during prolonged irrigation intervals and saline shock. *Frontiers in plant science*, 8(830), 1-14.
- Esmailpour, B., Fatemi, H., & Moradi, M. (2020). Effects of Seaweed Extract on Physiological and Biochemical Characteristics of Basil (*Ocimum basilicum* L.) under Water-Deficit Stress Conditions. *Journal of Science and Technology Greenhouse Culture*, 11(1), 59-69. [In Persian]
- Feller, U. (2004). Proteolysis. In *Plant cell death processes* (pp. 107-123). Academic Press.
- Farshi, A.A., Siadat, H., Darbandi, S., Entesari, M.R., Kheirabi, J., Mirlatifei, M., Salamat, A.R., & Sadat, M.H. (2003). On-Farm Irrigation water management, *Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)*, No 76.
- Fawy, H.A., Attia, M.F., & Hagab, R.H. (2017). Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of Quinoa plant grown under soil conditions of Ras Sader-Sinai. *Egyptian Journal of Desert Research*, 67(1), 171-185.

- Goñi, O., Fort, A., Quille, P., McKeown, P.C., Spillane, C., & O'Connell, S. (2016). Comparative transcriptome analysis of two *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants: same seaweed but different. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(14), 2980-2989.
- Ghanizadeh, M., Khorassani, R., & Fotovat, A. (2024). The effects of foliar application of humic acid and garlic extract on nutrients uptake (NPK) and growth of wheat under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 17(2), 1-15. [In Persian]
- Giannopolitis, C.N., & Ries, S.K. (1977). Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, 59(2), 309-314.
- Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92. [In Persian]
- Haghpour, M., & Farahani, S.M. (2014). Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. *Iranian Journal of Pulses Research*, 4(2), 77-86. [In Persian]
- Hernández-Herrera, R.M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M.A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 619-628.
- Hnilíčková, H., Hnilíčka, F., Orsák, M., & Hejnák, V. (2019). Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, Na⁺ and K⁺ content in selected plant species: *Plant Soil and Environment*, (65), 90-96.
- Heidarpour, O., Esmailpour B., Soltani, A.A., & Khorramdel, S. (2020). Effect of Vermicompost on Morphophysiological, Biochemical and Yield Characteristics of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) under Different Irrigation Regimes. *Journal of Agroecology*, 12(3), 507-522. [In Persian]
- Hosseini, S.H., Ebrahimipak, N., Yusefi, A., & Egdarnzhad, A. (2019). Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(1), 219-232.
- Irigoyen, J.J., Einerich, D.W., & Sánchez- Díaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia plantarum*, 84(1), 55-60.
- Iqbal, S., Basra, S.M., Afzal, I., Wahid, A., Saddiq, M.S., Hafeez, M.B., & Jacobsen, S.E. (2019). Yield potential and salt tolerance of quinoa on salt- degraded soils of Pakistan. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(1), 13-21.
- Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Lañé, P., Goux, D., Garnica, M., & Ourry, A. (2013). Brassica napus growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32, 31-52.
- Kumari, R., Kaur, I., & Bhatnagar, A.K. (2011). Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Journal of Applied Phycology*, 23, 623-633.
- Korkmaz, A., Korkmaz, Y., & Demirkiran, A.R. (2010). Enhancing chilling stress tolerance of pepper seedlings by exogenous application of 5-aminolevulinic acid. *Environmental and Experimental Botany*, 67(3), 495-501.
- Kar, M., & Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57(2), 315-319.
- Kabiri, R., Farahbakhsh, H. & Nasibi F. (2014). Effect of drought stress on physiological and biochemical characteristics of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(4), 600-609.
- Kazemi, H., Mortazavian, S.M.M., & Javid, M.G. (2018). Physiological responses of cumin (*Cuminum cyminum* L.) to water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(4), 1099-1113. [In Persian]
- Kamrava, S., Babaeian Jolodar, N., & Bagheri, N. (2017). Evaluation of drought stress on chlorophyll and proline traits in soybean genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 9(23), 95-104.
- Mafakheri, S. (2017). Effect of some organic and chemical fertilizers on morphological and biochemical factors of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Plant Production*, 40(3): 27-41. [In Persian]
- Mishra, A.K., & Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- Mohammadkhani, N., & Heidari, R. (2008). Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. *Turkish Journal of Biology*, 32(1), 23-30.

- Mohammadpour, G., Farzaneh, S., Khomari, S., Seyyed Sharifi, R., & Esmaiel Pour, B. (2021). Effect of application of humic acid and seaweed extract on some physiological characteristics, growth, yield and yield components of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) under water stress condition. University of Mohaghegh Ardabili press. 139 p. [In Persian]
- Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Journal of Cereal Science*, 69, 371-376.
- Naliwajski, M., & Skłodowska, M. (2021). The relationship between the antioxidant system and proline metabolism in the leaves of cucumber plants acclimated to salt stress. *Cells*, 10(3), 609.
- Paul, J. & Yuvaraj, P. (2014). Effect of Seaweed Liquid Fertilizer of *Colpomenia sinosa* (Mert. ex Roth) Derbes & Solier (Brown Seaweed) on *Vigna radiate* (L). *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 2(3), 177-184.
- Raeesi Sadati, S.Y., Godekahriz, S.J., Ebadi, A. & Sedghi, M. (2021). Effect of Zinc Oxide Nanoparticles on Some Biochemical and Morphological Characteristics of Wheat under Drought Conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 31(2), 233-250. [In Persian]
- RamRao, R.D., Kodandaramaiah, J., Reddy, M.P., Katiyar, R.S., & Rahmathulla, V.K. (2007). Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworm cocoon characters under semiarid conditions. *Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES)*, 5(2), 111-117. [In Persian]
- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., & Holaday, A.S. (1990). Leaf water content and gas- exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30(1), 105-111.
- Rezaei Chyanh, A., Zehtab, S., Ghasemi Golezani, K. & Delazar, A. (2012). Physiological reaction fennel (*Foeniculum vulgare L.*) to water limitation. *Journal of Agricultural Ecology*, 4, 347-355. [In Persian]
- Sadati, S.Y.R., Godekahriz, S.J., Ebadi, A., & Sedghi, M. (2022). Zinc oxide nanoparticles enhance drought tolerance in wheat via physio-biochemical changes and stress genes expression. *Iranian Journal of Biotechnology*, 20(1), e3027.
- Seyyed Nejad, S.M., & Gilani, A. (2015). Investigation the effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on the physiological traits and grain yield of wheat. *Crop physiology journal*, 7(27), 69-83.
- Salehi, M., & Dehghani F. (2017). Guide to planting, growing and harvesting quinoa under saline conditions. Publications of the National Salt Research Center, Office of Knowledge Network in Promotional Media. Pp, 96. [In Persian].
- Sridhar, S., & Rengasamy, R. (2011). Potential of seaweed liquid fertilizers (SLFS) on some agricultural crop with special reference to protein profile of seedlings. *International Journal of Development Research*, 1(7), 55-57.
- Sabouri, F., Siroosmehr, A.R., & Gorgini Shabankareh, H. (2017). Effect of irrigation regimes and humic acid solution on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Iranian Journal of Plant Biology*, 9(34), 13-24. [In Persian]
- Shahbazi, F., Nejad, M.S., Salimi, A., & Gilani, A.A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 8(3), 283-287.
- Sudhakar, C., Lakshmi, A., & Giridarakumar, S. (2001). Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba L.*) under NaCl salinity. *Plant Science*, 161(3), 613-619.
- Sardar, M., Behdani, M.A., Eslami, S.V., & Zamani, G.H.R. (2024) The effect of manure and humic acid fertilizer on ions concentrations in cotton (*Gossypium hirsutum L.*) under salinity stress *Plant Productions*, 46(4), 491- 505. [In Persian]
- Setayesh-Mehr, Z., & Ganjeali, A. (2013). Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens L.*). *Journal of Horticultural Science*, 27(1), 27-35.
- Taghaddosi, M., Hasani, N., & Sinaki, J. (2013). Irrigation disruption stresses, spraying with humic acid and seaweed extract in antioxidant enzymes and proline in the forage sorghum. *Crop Production in Environmental Stress*, 4(4), 1-12.
- Whapham, C.A., Blunden, G., Jenkins, T., & Hankins, S.D. (1993). Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*, 5, 231-234.
- Xu, C., & Leskovar, D.I. (2015). Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 183, 39-47.

Yaghobnezhad, A., Talebi, R., & Pasari, B. (2023). The effect of foliar application of yeast and seaweed extract on the yield and quality of safflower seeds (*Carthamus tinctorius*) under drought stress condition. *Iranian Journal of Plant & Biotechnology*, 18(1), 47-58. [In Persian]

نسخه پیش از انتشار