Effect of Hb-101 Hormone on Growth and Yield of Quinoa Plant under Different Irrigation Regimes

Elnaz Farajzadeh Memari Tabrizi*

Department of Agronomy, Male.C., Islamic Azad University, Malekan, Iran
* Corresponding author, Email: farajzadeh_e@malekaniau.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: Drought is the most important factor reducing the growth of crops. However, managements such as the use of novel plant compounds such as Hb101 can play an effective role in the sustainability of crop growth and yield under water stress conditions. This study aimed to investigate the effect of different irrigation levels and the application of Hb101 on the growth characteristics and yield of quinoa (Chenopodium quinoa) under water stress conditions. This study aimed to investigate the effect of different irrigation levels and the application of Hb101 hormone on growth characteristics and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under water stress conditions.

Methods: The experiment was conducted for two years at the research farm of Islamic Azad University, Malekan Branch, in a split plot with a randomized complete block design. Treatments included concentrations of Hb-101 hormone and different irrigation regimes.

Results: Reducing the amount of irrigation water had a negative effect on plant height, leaf area, chlorophyll content index, and grain yield. Especially in the irrigation treatment after 160 mm of evaporation from the evaporation pan, a significant decrease in these characteristics was observed. On the other hand, the application of Hb101 hormone caused a significant increase in plant height and leaf area. Also, Hb101 hormone caused a decrease in abscisic acid content in leaves, which seems to be one of the reasons for the decrease in stomatal resistance under water stress. The application of this compound also improved the antioxidant properties of the leaves, which can be effective in enhancing the plant's resistance to environmental stresses.

Conclusion: The results of this study showed that the application of the hormone Hb101 as a growth promoter can reduce the negative effects of water deficit on quinoa growth and yield, and as a result, increase grain yield and improve the physiological characteristics of plants under water deficit stress. Therefore, the use of this compound, especially under limited irrigation conditions, can be suggested as an effective method for improving quinoa production in areas with a shortage of water resources.

Keywords: Quinoa, drought, Hb101 hormone, plant growth, seed yield, plant extracts, antioxidants.

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

بررسی اثر ترکیب Hb-101 به‌دست آمده از کاج و سرو بر رشد و عملکرد گیاه کینوا تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

الناز فرج‌زاده معماری تبریزی*

گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: farajzadeh_e@malekaniau.ac.ir

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: خشکی مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده رشد گیاهان زراعی است. با این وجود مدیریت‌هایی مانند استفاده از ترکیبات نوین گیاهی مانند Hb101 می‌تواند نقش موثری را در پایداری رشد و عملکرد گیاهان زراعی در شرایط کم آبی داشته باشد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد ترکیب Hb101 بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد کینوا (*Chenopodium quinoa*) در شرایط تنش کم آبی انجام شد.

روش‌ها: آزمایش در دو سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات به‌صورت اسپلیت پلات با طرح بلوک کامل تصادفی اجرا گردید. تیمارها شامل غلظت‌های ترکیب Hb-101 و رژیم‌های مختلف آبیاری بود.

نتایج: کاهش میزان آب آبیاری بر ارتفاع بوته‌ها، سطح برگ‌ها، شاخص محتوای کلروفیل و عملکرد دانه تأثیر منفی داشت. به‌ویژه در تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کاهش قابل توجهی در این ویژگی‌ها مشاهده شد از سوی دیگر کاربرد ترکیب Hb101 موجب افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته‌ها و سطح برگ‌ها شد. همچنین ترکیب Hb101 باعث کاهش محتوای اسید آبسیزیک در برگ‌ها گردید که به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش مقاومت روزنه‌ای تحت تنش کم آبی باشد. کاربرد این ترکیب همچنین بهبود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی برگ‌ها را به‌دنبال داشت که می‌تواند در تقویت مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد ترکیب Hb101 می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه و بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاهان تحت شرایط آبیاری کامل و تنش کم آبی گردد. بنابراین استفاده از این ترکیب به‌ویژه در شرایط آبیاری محدود می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر در بهبود تولید کینوا در مناطق با کمبود منابع آبی پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: کینوا، خشکی، ترکیب، عملکرد دانه و آنتی‌اکسیدان.

نسخه پیش از انتشار اصلاح شده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

۱- مقدمه

در سطح جهانی کینوا (*Chenopodium quinoa*) به‌عنوان یک گیاه مقاوم به خشکی و با ارزش غذایی بالا در حال گسترش است. مرور سیستماتیک مطالعات نشان می‌دهد که عملکرد دانه کینوا در مناطق آسیایی از جمله ایران به‌طور میانگین حدود ۲/۵۵ تن در هکتار بوده و دامنه آن بین ۰/۰۱ تا ۶/۳۵ تن در هکتار متغیر است درحالی‌که در آمریکای جنوبی عملکرد میانگین حدود ۲/۶۵ تن در هکتار گزارش شده است (Bazile et al., 2023). در ایران مطالعات محلی نشان داده‌اند که در اقلیم گرم و نیمه‌خشک جنوب کشور با استفاده از رقم Q5 بالاترین عملکرد دانه حدود ۳/۶۵ تن در هکتار و پایین‌ترین حدود ۲/۸۶ تن در هکتار ثبت شده است (Mirzaei et al., 2019). علاوه بر این گزارش‌های جهانی نشان می‌دهند که عملکرد کینوا می‌تواند از کمترین مقدار ۱۰۸ کیلوگرم در هکتار (واشنگتن، آمریکا) تا بیشترین مقدار ۹/۶۶۷ کیلوگرم در هکتار (چین) متفاوت باشد که تفاوت‌ها عمدتاً به اقلیم، رقم و مدیریت زراعی بستگی دارد (Bazile *et al.*, 2023). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد با این‌حال گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) به‌عنوان یک گیاه مقاوم به خشکی شناخته می‌شود که توانایی تحمل شرایط کم‌آبی را دارد (Pathan et al., 2023). گیاه کینوا در مواجهه با تنش خشکی مجموعه‌ای از سازوکارهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را به‌کار می‌گیرد. این گیاه با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD، CAT و GR کاهش آسیب اکسیداتیو ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن را ممکن می‌سازد. در کنار آن تجمع اُسمولیت‌هایی نظیر پرولین و قندهای محلول باعث حفظ فشار اسمزی و نگهداری آب در سلول می‌شود. همچنین پاسخ‌های ژنتیکی و متابولومیکی نشان داده‌اند که مسیرهای مرتبط با متابولیسم نشاسته، قند و بیوفلاونوئیدها در تحمل خشکی نقش دارند (Huan et al., 2022). افزون بر این ظرفیت تحمل این گیاه در برابر کم‌آبی با تنوع ژنتیکی ارقام و روش‌های کاشت بهبود می‌یابد (Mirsafi et al., 2024). کینوا به‌طور طبیعی در مناطق کوهستانی آند در آمریکای جنوبی رشد می‌کند جایی‌که شرایط خشک و کم‌آب و تغییرات دمایی شدید از ویژگی‌های اصلی آن است به همین دلیل این گیاه توانایی‌هایی دارد تا در شرایط خشک به‌خوبی رشد کند. یکی از این ویژگی‌ها توانایی کینوا در کاهش تبخیر و تنظیم مصرف آب است. این گیاه با استفاده از ویژگی‌هایی همچون استفاده بهینه از منابع آب موجود، کاهش تبخیر از برگ‌ها و افزایش ظرفیت ذخیره آب در سلول‌ها می‌تواند در شرایط کم‌آبی به‌خوبی رشد کند (Yin et al., 2020). مقاومت به خشکی در کینوا از طریق تعدادی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اتفاق می‌افتد. یکی از این مکانیسم‌ها فعال‌سازی مسیرهای ضد استرس اکسیداتیو است که در این گیاه موجب کاهش آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌شود. این ویژگی به گیاه کمک می‌کند تا از آسیب‌های ناشی از خشکی و تنش‌های محیطی جلوگیری کند. کینوا دارای فعالیت بالایی از آنزیم‌هایی مانند سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و پراکسیداز (POD) است و لذا با استرس‌های اکسیداتیو ناشی از خشکی مقابله می‌کند (Akram et al., 2023). یکی دیگر از ویژگی‌های مقاومتی کینوا در برابر خشکی اجتناب از آن است. کینوا قادر است مکانیسم‌های فیزیولوژیکی خود را برای صرفه‌جویی در مصرف آب تنظیم کند از جمله کاهش سطح تبخیر و تعرق از طریق بستن روزنه‌های برگ و کاهش مصرف آب در ساعات گرم روز. این توانایی‌ها به گیاه کمک می‌کند تا در شرایط تنش آبی طولانی‌مدت رشد خود را حفظ کند (Stikić et al., 2015). علاوه بر این کینوا دارای سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده است که می‌تواند به جستجوی منابع آبی در عمق خاک بپردازد. این ویژگی به‌ویژه در خاک‌های خشک و با آب کم مؤثر است. گیاه کینوا می‌تواند از طریق سیستم ریشه‌ای خود آب را از لایه‌های عمیق‌تر خاک جذب کند و به این ترتیب به‌خوبی در برابر تنش خشکی مقاوم باشد (Pathan et al., 2023). با توجه به این ویژگی‌ها کینوا به‌عنوان یک گیاه مقاوم به خشکی شناخته می‌شود و می‌تواند در کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش مهمی ایفا کند. به‌علاوه با تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آبی در بسیاری از مناطق جهان

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

کینوا می‌تواند به‌عنوان یک محصول کشاورزی با ارزش برای تأمین امنیت غذایی در شرایط خشکی و بحران آب مطرح شود (Zainab et al., 2021). گیاهان سوزنی‌برگ مانند کاج (*Pinus spp.*)، سرو (*Cupressus spp.*) و سدر هیمالیایی (*Cedrus deodara*) حاوی ترکیبات زیستی فعالی هستند که در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که این گیاهان سرشار از ترپنوئیدها، فنول‌ها و فلاونوئیدهایی مانند -αپینن، -βپینن، لینالول و کاریوفیلن هستند که به‌دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی بالا در بهبود سلامت خاک و کاهش فشارهای زیستی نقش دارند (Kundu et al., 2021; Yang et al., 2022). این ترکیبات زیستی نه تنها در گیاه مادری بلکه در سایر گیاهان نیز می‌توانند به‌عنوان عوامل محرک یا بازدارنده عمل کنند بسته به غلظت و شرایط محیطی. تحقیقات نشان داده‌اند که اسانس حاصل از *Cedrus deodara* دارای بیش از ۲۳ ترکیب مؤثر است که از میان آن‌ها -αترپینئول و لینالول بیشترین سهم را دارند. این ترکیبات در غلظت‌های پایین ممکن است با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش استرس اکسیداتیو در بافت‌های گیاهی رشد را تحریک کنند (Singh et al., 2012). همچنین گزارش شده است که اسانس‌های استخراج‌شده از سوزن‌های کاج مانند *P. sylvestris* و *P. densiflora* دارای خاصیت ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی هستند و ممکن است از طریق بهبود سلامت ریزوسفر و میکروبیوم خاک به‌طور غیرمستقیم بر رشد گیاهان دیگر تأثیر مثبت بگذارند (Lee et al., 2018). با این‌حال برخی پژوهش‌ها اثرات متفاوتی را گزارش کرده‌اند برای مثال مطالعه‌ای نشان داد که عصاره سوزن‌های *Pinus densiflora* باعث کاهش جوانه‌زنی در گیاهانی نظیر کاهو و شاهی شد که نشان‌دهنده وجود اثرات آللوپاتیک در غلظت‌های بالا است (Oh et al., 2012). بنابراین اثرات مثبت احتمالی این عصاره‌ها بر رشد سایر گیاهان به میزان زیادی وابسته به غلظت، نوع استخراج و شرایط کاربرد است. در مجموع اگرچه ترکیبات حاصل از گیاهان سوزنی‌برگ به دلیل ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدپاتوژنی و شبه‌ترکیبی خود می‌توانند در سطوح پایین موجب تحریک رشد شوند اما نیاز به پژوهش‌های کنترل‌شده و کمی برای اثبات قطعی این تأثیرات وجود دارد (Kundu et al., 2021; Lee et al., 2018).

ترکیب طبیعی HB-101 یک محرک رشد ارگانیک است که از ترکیب عصاره‌های آبیِ برگ سوزن و چوب چند گیاه با طول عمر زیاد ساخته شده است. اجزای اصلی آن شامل ترکیبات فنولی، ترپنوئیدی و مواد معدنی طبیعی استخراج‌شده از کاج قرمز ژاپنی (*Pinus densiflora*)، سرو ژاپنی (*Cryptomeria japonica*)، سرو هینوکی (*Chamaecyparis obtusa*) و گیاه بارهنگ (*Plantago major*) است (Yoshida & Hasegawa, 2003). ترکیبات غالب در این عصاره‌ها شامل -αپینن، -βپینن، لینالول، کاریوفیلن، لیمونن و فنول‌های طبیعی مانند اسید فرولیک و اسید کافئیک هستند (Yang et al., 2022; Lee et al., 2018). این مواد به‌طور طبیعی در اسانس‌های درختان سوزنی‌برگ یافت می‌شوند و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و شبه‌ترکیبی از خود نشان می‌دهند. مطالعات نشان داده‌اند که ترکیبات مونوترپنی مانند -αپینن و لینالول می‌توانند در غلظت‌های پایین با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان)مانند SOD و CAT در سلول‌های گیاهی رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود دهند (Singh et al., 2012). از سوی دیگر ترکیبات فنولی مانند اسید کافئیک و اسید فرولیک با مهار استرس اکسیداتیو و افزایش جذب عناصر غذایی به‌طور غیرمستقیم موجب افزایش عملکرد و مقاومت گیاهان در برابر خشکی و بیماری‌ها می‌شوند (Kundu et al., 2021). علاوه بر ترکیبات فوق حضور عصاره *Plantago major* در فرمولاسیون HB-101 اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا این گیاه غنی از فلاونوئیدها، آنتی‌اکسیدان‌ها و گلیکوزیدهایی مانند آوکوبین است که خاصیت تنظیم‌کنندگی رشد و بازسازی سلول‌های گیاهی دارند (Turel et al., 2009). ترکیب هم‌افزای این عصاره‌ها در HB-101 سبب شده که محصول نهایی به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد طبیعی عمل کرده و موجب افزایش جوانه‌زنی، گسترش ریشه، و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

جدول ۱. تجزیه خاک محل مورد بررسی

Table 1. Soil analysis of the studied site

رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	ظرفیت اشباع خاک SP (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	درصد کربنات کلسیم (درصد) CCE (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر P ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg\ kg^{-1}$)
41	33	26	52	1.02	2.11	0.97	49	0.02	3.10	166

در گیاهان مختلف شود (Lee et al., 2018; Yoshida & Hasegawa, 2003). در مجموع مطالعات نشان می‌دهند که اثر مثبت HB-101 عمدتاً ناشی از ترکیب هماهنگ ترپنوئیدها و فنول‌های طبیعی است که در کنار هم موجب بهبود متابولیسم نیتروژن، افزایش فتوسنتز و بهبود رشد ریشه می‌شوند (Yang et al., 2022). این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد ترکیب Hb101 بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد کینوا در شرایط تنش کم آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تاثیر ترکیب Hb-101 بر رشد و عملکرد گیاه کینوا تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بررسی شد این تحقیق در دو سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات انجام شد. مشخصات خاک محل مورد آزمایش در جدول (۱) آورده شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات با طرح بلوک کامل تصادفی (RCBD) با سه تکرار و دو تیمار بود. اندازه هر کرت آزمایشی ۶ متر مربع و شامل ده خط کاشت بود فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و فاصله بوته‌ها روی ردیف از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تیمارها شامل غلظت‌های ترکیب Hb-101 (عدم کاربرد ترکیب غلظت‌های ۳، ۶ و ۹ در هزار) و رژیم‌های مختلف آبیاری (آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) بود. در مطالعات مختلف نیاز آبی کینوا (*Chenopodium quinoa*) تحت شرایط آب و هوایی متفاوت بررسی شده است. بر اساس تحقیقاتی که در شرایط آزمایشی انجام شد میانگین نیاز آبی کینوا حدود ۲۳۰/۸ میلی‌متر گزارش شده و استرس آبی در مراحل مختلف رشد به ویژه مرحله برنچینگ و گلدهی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد گیاه دارد (Al-Jabari et al., 2021). بررسی‌های جهانی نیز نشان داده‌اند که مقادیر آب آبیاری در مناطق مختلف بین حدود ۱۳۹ تا ۸۲۰ میلی‌متر متغیر است و این مقادیر وابسته به شرایط اقلیمی، نوع خاک و مدیریت زراعی هستند (Bazile et al., 2023). مطالعاتی که تحت شرایط گرم و خشک انجام شده‌اند نشان داده‌اند که مصرف کل آب می‌تواند تا حدود ۵۴۹ تا ۵۶۷ میلی‌متر برسد درحالی‌که تأمین آب کافی می‌تواند رشد و عملکرد بهینه را برای کینوا فراهم کند (Moghadam et al., 2025). در مناطق ایران به ویژه اقلیم خوزستان گزارش شده است که تحت آبیاری کامل نیاز آبی گیاه حدود ۳۱۲ میلی‌متر بوده است و کمبود آب منجر به کاهش عملکرد محصول می‌شود (Karimi et al., 2022). با توجه به این مطالعات سطوح آبیاری پس از تبخیر از تشتک در مقادیر ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر اگرچه در محدوده مقاومتی کینوا قرار دارند اما کمتر از مقادیر آبیاری کامل گزارش‌شده در بیشتر تحقیقات هستند. بنابراین استفاده از این سطوح آبیاری نیازمند مدیریت دقیق و توجه به شرایط خاک و اقلیم است تا بتوان از کاهش چشمگیر عملکرد جلوگیری کرد آبیاری به روش جوی و پشته انجام شد. محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح یا عصر به‌منظور جلوگیری از تبخیر زیاد و افزایش کارایی انجام شد گیاه کینوا در شرایط طبیعی خاک مزرعه و تحت مدیریت کشاورزی استاندارد کشت شد زمین مزرعه پیش از کاشت آماده‌سازی و کوددهی مناسب انجام شد بذرهای کینوا در اواسط اردیبهشت کشت شدند و در فواصل زمانی هر هفته یکبار آبیاری گردید. برای کنترل آفات و بیماری‌ها از روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی متناسب با شرایط مزرعه استفاده شد.

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

محلول‌های ترکیب HB-101 به‌صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌های گیاه در دو نوبت در فواصل زمانی دو هفته یک‌بار در طول فصل رشد (استقرار بوته‌ها و دو هفته بعد) انجام شد. محلول‌پاشی در ساعات خنک عصر انجام شد تا جذب ترکیبات بیشتر و تبخیر کمتری انجام شود در مجموع ۲ بار محلول‌پاشی در سال اول و ۲ بار دیگر در سال دوم انجام شد. مطابق با دستورالعمل رسمی شرکت سازنده برای محلول‌پاشی برگی غلظت ۱ میلی‌لیتر در ۱ لیتر آب (رقیق‌سازی ۱:۱۰۰۰) توصیه می‌شود (HB-101 USA, 2023). این محلول باید به‌صورت اسپری یکنواخت بر سطح برگ‌ها پاشیده شود تا جذب از طریق روزنه‌ها و کوتیکول به‌خوبی انجام گیرد بر اساس توصیه‌ها تکرار محلول‌پاشی هر ۷ تا ۱۰ روز یک‌بار در دوره رشد فعال گیاه موجب بهبود چشمگیر فتوسنتز رنگ برگ و رشد اندام‌های هوایی می‌شود (Edenvale Plants, 2023). برای ارزیابی اثرات محلول پاشی باکتری‌ها و ویتامین‌ها پارامترهای زیر مورد ارزیابی قرار گرفت:

برای اندازه‌گیری سطح برگ از نسبت سطح استفاده شد. در این روش برای اندازه‌گیری سطح برگ از نسبت وزن به سطح با استفاده از لوله مسی استفاده می‌شود بدین منظور چند برگ کامل و سالم از هر تیمار انتخاب و از قسمت میانی پهنک آن‌ها با لوله مسی چند دایره کوچک هم‌اندازه بریده می‌شود پس از خشک‌کردن این نمونه‌های دایره‌ای و برگ کامل در آون در دمای حدود ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت وزن خشک هرکدام اندازه‌گیری می‌شود. سپس با مقایسه وزن خشک دایره‌های نمونه با وزن خشک برگ کامل، سطح کل برگ بر اساس نسبت وزن به سطح تخمین زده می‌شود. این روش به دلیل سادگی دقت مناسب و نیاز نداشتن به ابزارهای پیچیده به ویژه در شرایطی که دسترسی به دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ وجود ندارد، کاربرد فراوانی دارد و برای گیاهانی مانند کینوا که دارای برگ‌های نسبتاً ضخیم هستند نیز نتایج قابل اعتمادی ارائه می‌دهد (Cornelissen *et al.*, 2003). برای اندازه‌گیری شاخص محتوای کلروفیل از دستگاه SPAD-502 ساخت شرکت Konica Minolta استفاده شد. این دستگاه با استفاده از سنجش بازتاب نور در طول‌موج‌های خاص (معمولاً ۶۵۰ نانومتر) میزان جذب نور توسط برگ را اندازه‌گیری کرده و محتوای کلروفیل برگ را محاسبه می‌کند دستگاه به‌صورت عمودی بر روی سطح برگ قرار گرفت و پس از تاباندن نور به برگ عددی SPAD index ثبت شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان کل قندهای محلول در برگ و ریشه با استفاده از روش تغییر داده شده اشلیگل استفاده شد (Schlegel, 1956). برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر ELE کشور انگلستان استفاده شد آنالیز ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش رادیکال DPPH آزمونی شناخته شده برای سنجش قدرت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات گوناگون است. اساس این روش بر مبنای احیاء رادیکال آزاد DPPH به وسیله آنتی‌اکسیدان‌ها در غیاب سایر رادیکال‌های آزاد در محیط می‌باشد. برای استخراج محتوای اسید آبسیزیک از روش (Hubick & Reid 1980) و (Stewart & Voetberg 1985) استفاده شد (کافی و همکاران، ۱۳۸۶). مقدار پروتئین کل با استفاده از روش Bradford و خوانش جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر بر حسب استاندارد BSA تعیین شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش ارتفاع بوته‌های کینوا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و تیمار HB-101 قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای آبیاری پس از ۷۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته وجود نداشت اما با افزایش شدت تنش خشکی کاهش قابل توجهی در ارتفاع بوته مشاهده شد. در تیمارهای آبیاری پس از ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر میانگین ارتفاع بوته‌های کینوا به‌ترتیب ۱۰۳ و ۹۹/۸ سانتی‌متر بود که نسبت به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب حدود ۳/۶ و ۶/۴ درصد کاهش نشان داد این نتایج بیانگر آن است که محدودیت آبیاری رشد طولی گیاه را مهار کرده و کاهش ارتفاع به‌عنوان یکی

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در کینوا

Table 2. Analysis of Variance for the Traits Studied in Quinoa

منابع تغییر S.O. V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	عملکرد دانه Plant yield	پروتئین دانه Grain protein	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant properties	اسید آبسیزیک ABA
سال Year (Y)	1	60.262	0.148	1.594	0.998**	0.022	196.053	1178.584	1.011
تکرار در سال R(Y)	4	132.786	0.994	1.149	0.064	0.092	110.046	5121392.199*	0.683
Hb-101 (A)	3	749.941**	4.119**	82.192**	1.227**	4.290**	2982.617**	22110859.598**	6.279**
YA	3	17.372	0.06	0.494	0.176	0.086	541.695*	5840446.109*	0.495
خطای اصلی Error	12	57.478	0.47	1.283	0.072	0.479	146.984	1435416	0.586
سطوح مختلف آبی Irrigation regimes (B)	3	243.758**	2.377**	12.047	0.593**	1.258*	254.145	13350231.766**	2.178*
YB	3	69.188	0.683	1.897	0.11	0.355	550.409	1341446	0.798
AB	9	42.704	0.531	1.633	0.049	0.294	100.583	1291681	0.379
YAB	9	54.292	0.427	5.178	0.045	0.804*	91.316	1506927	0.39
خطای فرعی Error	48	47.739	0.334	4.889	0.11	0.364	231.286	1553820	0.551
ضریب تغییرات (%) c.v		6.49	14.62	8.53	11.3	3.57	10.32	20.48	15.03%

** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

** and * indicate significance at the one and five percent probability levels, respectively

نسخه پیش از انتشار (اصلاح نشده)

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی تحت تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

Table 3. Comparison of Means for the Traits Studied Under Different Irrigation Regimes

سطوح آبیاری Irrigation regimes (mm evaporation)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	شاخص کلروفیل Chlorophyll index (CCI)	عملکرد دانه (گرم در بوته) Grain yield (gr/plant)	اسید آبسیزیک ABA ($ng \cdot g^{-1}$ FW)
70	110.7 a	4.418 a	27.45 a	3.207 a	4.370 b
100	111.4 a	4.164 ab	27.56 a	3.018 b	4.655 b
130	103.8 b	3.752 bc	24.56 b	2.832 c	5.245 a
160	99.81 b	3.491 c	24.07 b	2.687 c	5.475 a

از شاخص‌های حساسیت کینوا به کم‌آبی قابل تفسیر است (جدول ۴). مطالعات متعددی یافته‌های مشابهی را گزارش کرده‌اند. برای مثال Alvar-Beltrán et al (2020) گزارش کردند که کمبود آب در مراحل رویشی باعث کاهش تقسیم سلولی و کشش سلولی در بافت‌های ساقه می‌شود که منجر به کوتاه‌تر شدن گیاه می‌گردد. همچنین بر اساس مطالعه Jacobsen et al (2019) محدودیت آب در کینوا با کاهش پتانسیل آب برگ و فعالیت فتوسنتزی همراه است و در نتیجه رشد رویشی کاهش می‌یابد. افزون بر این Rahimi et al (2023) در شرایط اقلیم خشک ایران نشان دادند که آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی بالاتر از ۱۲۰ میلی‌متر منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع و عملکرد بیولوژیکی گیاه می‌شود. کاهش ارتفاع در سطوح بالاتر تبخیر می‌تواند به‌عنوان سازوکار تطبیقی برای کاهش سطح تعرق و مصرف آب تلقی شود (Bazile et al., 2023). علی رغم نتایج فوق تاثیر منفی کم آبی بر ارتفاع بوته محلول پاشی ترکیب Hb101 افزایش معنی‌داری را در ارتفاع بوته‌های کینوا باعث شد در این بررسی تیمارهای کاربرد ۳ در ده هزار و ۹ در ده هزار کود Hb-101 ارتفاع بوته‌های کینوا را به‌ترتیب به میزان ۴/۹ و ۷/۸ درصد افزایش داد (جدول ۵). بررسی‌ها نشان داده که مواد موجود در عصاره کاج‌ها رشد را در گیاهان افزایش می‌دهد. مواد موجود در عصاره این گیاهان حاوی مواد محرک رشد است که می‌تواند رشد گیاهان زراعی را به ویژه در شرایط تنش کم آبی افزایش دهد (Ferreira-Santos *et al*., 2020).

در بررسی حاضر کم آبی کاهش معنی داری را در سطح برگ‌های کینوا باعث شد با کاهش آبیاری از ۷۰ به ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از سطح برگ‌های کینوا به‌ترتیب به میزان ۱۸/۹ و ۲۲/۷ درصد کاسته شد. با این وجود تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تاثیر معنی‌داری بر سطح برگ‌های کینوا نداشت نتایج مشابهی در شاخص محتوای کلروفیل به‌دست آمد. شاخص محتوای کلروفیل نیز تحت تاثیر تیمارهای آبیاری پس از ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌ترتیب به میزان ۱۰/۵ و ۱۲/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۴). محققان گزارش نموده‌اند که مهم‌ترین دلیل کاهش سطح برگ‌های گیاهان تحت تاثیر کم آبی کاهش شاخص محتوای کلروفیل است (Seleiman et al., 2021). کم آبی با افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها باعث تخریب کلروفیل شده و از محتوای کلروفیل می‌کاهد (Fahad et al., 2017). اما از سوی دیگر بررسی‌ها نشان داده است که کم آبی با کاستن از محتوای ترکیب سیتوکنین که مهم‌ترین ترکیب دخیل در تولید کلروفیل است باعث کاهش محتوای کلروفیل برگ‌ها می‌شود (Flores-Saavedra et al., 2023). لذا تأمین بخشی از ترکیب‌های محرک رشد می‌تواند از تاثیر کم آبی بر محتوای کلروفیل برگ‌ها و در نتیجه رشد برگ و رشد کلی بوته‌ها بکاهد در بررسی حاضر از ترکیب Hb101 استفاده شد که محتوای ترکیب‌های گیاهی است در بررسی حاضر استفاده از این ترکیب بر سطح برگ‌های کینوا افزود نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد که تیمار کاربرد ۹ در ده هزار کود Hb-101 افزایش معنی‌دار ۱۹/۹ درصدی را در سطح برگ‌های کینوا باعث گردید (جدول ۵). لذا کاربرد

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی تحت تاثیر ترکیب HB101

Table 4. Comparison of Means for the Traits Studied Under the Influence of HB101 Hormone

ترکیب hb-101 (gr/10000)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد دانه در بوته (گرم در بوته) Grain yield (gr.plant)	قدرت آنتی‌اکسیدانی (درصد) Antioxidant properties (%)	اسید آبسیزیک ABA ($ng \cdot g^{-1}$ FW)
0	102.8 c	3.660 b	2.833 b	55.45 b	5.349 a
3	107.0 ab	3.813 b	2.820 b	56.41 b	4.942 ab
6	105.5 bc	3.961 b	2.932 b	59.92 b	4.643 b
9	110.4 a	4.391 a	3.160 a	71.67 a	4.811 b

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی تحت تاثیر سطوح آبیاری در دو سال

Table 5. Comparison of Means for the Traits Studied under the Influence of irrigation regimes in two years

سال year	آبیاری Irrigation regimes (mm evaporation)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance (mol H_2O m^{-2} s^{-1})	قدرت آنتی اکسیدانی(درصد) Antioxidant properties (%)
1	70	170.1 a	47.84 e
1	100	148.6 bc	57.23 c-e
1	130	137.1 c	60.49 b-d
1	160	139.3 c	78.02 a
2	70	153.6 b	49.86 de
2	100	152.1 b	59.11 b-e
2	130	140.9 c	70.15 ab
2	160	137.1 c	64.19 bc

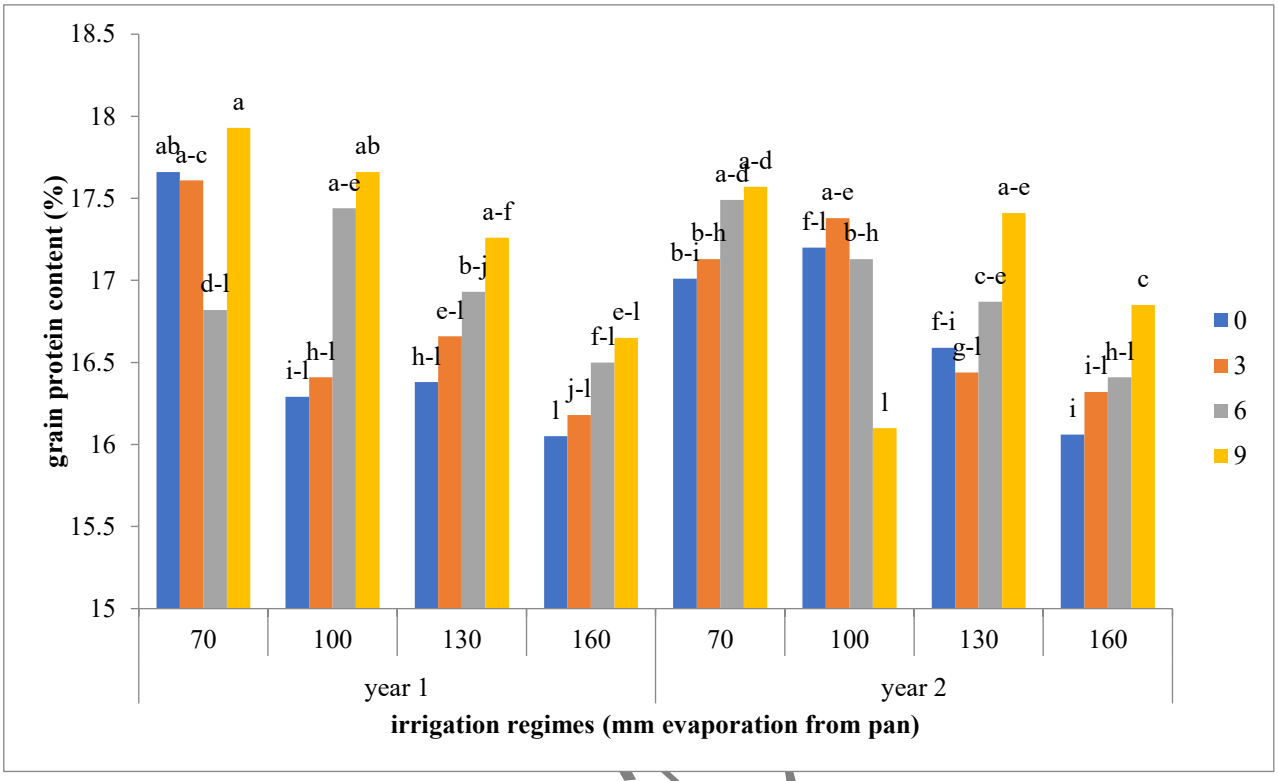
Hb101 می‌تواند تاثیر کم آبی بر سطح برگ‌ها را بکاهد و چه در شرایط کم آبی و چه در شرایط آبیاری کامل بر سطح برگ‌های کینوا بیفزاید.

در بررسی حاضر عملکرد دانه تحت تاثیر اثرهای ساده سطوح آبیاری و ترکیب Hb101 قرار گرفت (جدول ۱). در این بررسی کم آبی کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه کینوا باعث گردید. با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر به آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به میزان ۱۸/۷ درصد کاهش داد (جدول ۴). کم آبی به روش‌های مختلف عملکرد دانه گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد که مهم‌ترین دلیل آن کاهش سطح برگ‌های گیاه و در نتیجه ظرفیت فتوسنتزی آن می‌باشد که اسمیلات‌های مورد نیاز برای رشد تولید دانه را کاهش می‌دهد (Tardieu et al., 2018). اکرم و همکاران (Akram et al., 2024) نیز نشان دادند که کم آبی از عملکرد دانه کینوا می‌کاهد این محققین نشان دادند که کم آبی عملکرد دانه کینوا را تا ۳۴ درصد کاهش می‌دهد در این مطالعه عملکرد دانه کینوا تحت تاثیر کاربرد ترکیب Hb101 به‌طور معنی‌داری افزایش یافت در این مطالعه تیمار کاربرد ۹ در ده هزار کود Hb-101 افزایش معنی‌داری را در عملکرد دانه باعث شده و این صفت را به میزان ۱۰/۷ درصد افزایش داد سایر سطوح ترکیب Hb101 تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه کینوا نداشت (جدول ۵). این ترکیب حامل عصاره سروها و کاج‌ها است. عصاره این گروه از گیاهان حاوی ترکیباتی است که به رشد و تولید عملکرد در گیاهان زراعی کمک می‌کند (Jung et al., 2021).

مقاومت روزنه‌ای یکی از عواملی است که به شدت تحت تاثیر کم آبی قرار می‌گیرد در بررسی حاضر کم آبی تحت تاثیر کم آبی در دو سال قرار گرفت(جدول ۲). در این بررسی در هر دو سال کم آبی از هدایت روزنه ای برگ های کینوا کاست با

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]



شکل ۱. مقایسه میانگین‌های محتوای پروتئین دانه تحت تاثیر تیمار Hb101 و سطوح آبیاری در دو سال

Figure 1. Comparison of Means for Seed Protein Content under the Influence of Hb101 Treatment and Irrigation Levels in Two Years

این وجود در سال اول میزان کاهش در مقاومت روزنه ای تحت تاثیر کم آبی نسبت به سال دوم بیشتر بود در سال اول هدایت روزنه ای تحت تاثیر تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر تا ۲۶/۴ درصد کاهش داد که کاهش قابل ملاحظه ای به شمار می رود (جدول ۶). کم آبی باعث افزایش تولید ترکیب اسید آبسیزیک در گیاهان می‌شود این ترکیب باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود تا در شرایط کم آبی از میزان تبخیر و تعرق بکاهد اما از سوی دیگر باعث کاهش هدایت روزنه‌ای گیاه می‌شود (Tardieu et al., 2018). در این بررسی تیمار ترکیب Hb101 تاثیر معنی‌داری بر هدایت روزنه‌ای برگ‌های کینوا نداشت با این وجود فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ‌های کینوا را بهبود بخشید که این افزایش می‌تواند نقش موثری را در بهبود کینوا به تنش‌های محیطی داشته باشد در این مطالعه تیمارهای عدم کاربرد کود Hb-101 و کاربرد ۳ در ده هزار کود Hb-101 تاثیر معنی‌داری بر قدرت آنتی‌اکسیدانی برگ‌های کینوا نداشت ولی تیمار کاربرد ۹ در ده هزار کود Hb-101 افزایش ۲۹/۲ درصدی را در قدرت آنتی‌اکسیدانی برگ‌های کینوا باعث شد (جدول ۵). ترکیب Hb101 حاوی ترکیبات فنولیکی و فلاونوئیدی است که نقش موثری را به‌عنوان فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند این ترکیبات جذب برگ‌ها شده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی موثری را در گیاهان باعث می‌شوند (Dziedziński et al., 2021). در این بررسی محتوای اسید آبسیزیک به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح آبیاری و ترکیب Hb101 قرار گرفت (جدول ۲). نتایج این مطالعه نشان داد که محتوای اسید آبسیزیک در برگ‌های کینوا تحت تاثیر کم آبی افزایش یافت تیمارهای آبیاری پس از ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر افزایشی به‌ترتیب ۲۰/۹ و ۲۵/۵ درصدی را در محتوای اسید آبسیزیک در برگ‌های کینوا باعث شد (جدول ۴). سایر محققان نیز گزارش نمودند که کم آبی محتوای اسید آبسیزیک را در گیاهان افزایش می‌دهد این افزایش مکانیسمی است که باعث

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و از دست روی آب توسط گیاهان را کاهش می‌دهد (Dietz et al., 2021). در بررسی حاضر مشاهده شد که کم آبی هدایت روزنه‌ای را کاهش می‌دهد که احتمالاً یکی از دلالیل این کاهش محتوای اسید آبسیزیک در گیاهان با کم آبی است اما در بررسی حاضر کاربرد ترکیب Hb101 کاهش معنی‌داری را در محتوای آبسیزیک برگ‌های کینوا باعث گردید تیمارهای کاربرد ۶ در ده هزار و ۹ در ده هزار کود Hb-101 کاهشی به‌ترتیب ۱۳/۲ و ۹/۴ درصدی را در محتوای اسید آبسیزیک برگ‌های کینوا باعث شد تیمار عدم کاربرد کود Hb-101 تاثیر معنی‌داری در محتوای اسید آبسیزیک نداشت (جدول ۵). در این مطالعه محتوای پروتئین دانه‌های کینوا به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر برهم کنش سطح آبیاری تیمار Hb101 در دو سال قرار گرفت (جدول ۲). در سال اول بیشترین محتوای پروتئین دانه با ۱۷/۹ درصد در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر + کاربرد ۹ در ده هزار کود Hb-101 به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت در سال دوم نیز در آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر + کاربرد ۹ در ده هزار کود Hb-101 بیشترین محتوای پروتئین دانه به‌دست آمد که همچون سال اول بررسی اختلافی با شاهد نداشت با این وجود در هر سال تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر + عدم کاربرد کود Hb-101 کاهش معنی‌داری را در محتوای پروتئین دانه های کینوا باعث شد (جدول ۷). با توجه به نتایج محتوای پروتئین دانه به‌طور قابل قبولی تحت تاثیر محتوای پروتئین دانه قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که کم آبی تأثیر منفی و معنی‌داری بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد کینوا دارد. کاهش سطح آب آبیاری در کل تاثیر منفی بر ارتفاع بوته‌ها، سطح برگ‌ها، شاخص کلروفیل و عملکرد دانه‌ها داشت. با این‌حال استفاده از ترکیب Hb101 به‌طور معنی‌داری توانست ویژگی‌های مورد مطالعه را در هر دو شرایط آبیاری کامل و کم آبی در کینوا بهبود بخشد. به‌ویژه کاربرد این ترکیب در غلظت‌های مختلف باعث افزایش ارتفاع بوته‌ها، سطح برگ‌ها و عملکرد دانه‌ها گردید. همچنین این ترکیب موجب کاهش محتوای اسید آبسیزیک و بهبود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی برگ‌ها شد که می‌تواند در تقویت مقاومت گیاه در برابر تنش‌های آبی مؤثر باشد. بنابراین استفاده از ترکیب Hb101 فارغ از سطح آبیاری، می تواند به بهبود عملکرد کینوا کمک کند.

تشکر و سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی ملکان تشکر و قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

نویسنده مقاله اذعان دارد هیچگونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارد.

منابع مورد استفاده

References

1. Akram, M., A. Libutti, A. Rita Rivelli. 2023. Evaluation of vegetative development of quinoa under water stress by applying different organic amendments. Agr. 13: 56-67.
2. Akram, M.Z., A. Libutti, A.R. Rivelli. 2024. Drought stress in quinoa: effects, responsive mechanisms, and management through biochar amended soil: a review. Agric. 14(8): 1418. https://doi.org/10.3390/agriculture14081418
3. Al-Jabari, M., M. Alhaj, A. Al-Khateeb. 2021. Water stress on different growing stages for quinoa (*Chenopodium quinoa*) under arid conditions. J. Crop Sci. Tech 12(3): 45–53.
4. Alvar-Beltrán, J., C. Saturnin, A. Dao, A. Dalla Marta, J. Sanou, S. Orlandini. 2019. Effect of drought and nitrogen fertilisation on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions in Burkina Faso. Ital. J. Agrometeorol 1, 33–44. https://doi.org/10.13128/ijam-1053
5. Bazile, D., Jacobsen, S.-E., & Verniau, A. 2023. Worldwide development of agronomic management practices for quinoa cultivation: A systematic review. Front. Agr 5: 1215441. https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1215441

نسخه پیش از انتشار اصلاح نشده

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

6. Bazile, D., S.-E. Jacobsen, A. Verniau. 2023. Worldwide development of agronomic management practices for quinoa cultivation: A systematic review. Front. Agr 5: 1215441. https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1215441
7. Cornelissen, J.C. 2003, A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. Aust. J. Bot 51: 335-380. https://doi.org/10.1071/BT02124
8. Dietz, K.J., C. Zörb, C.M. Geilfus. 2021. Drought and crop yield. Plant Biol (Stuttg). 2021 Nov; 23(6):881-893. https://doi.org/10.1111/plb.13304
9. Dridi, A., N. Bordenave. 2020. Pine bark phenolic extracts, current uses, and potential food applications: a review. Curr. Pharm. Des 26(16): 1866-1879. https://doi.org/10.2174/1381612826666200311124523
10. Dziedziński, M., J. Kobus-Cisowska, B. Stachowiak. 2021. Pinus species as prospective reserves of bioactive compounds with potential use in functional food-current state of Knowledge. Plants 10(7): 1306. https://doi.org/10.3390/plants10071306
11. Edenvale Plants. 2023. HB-101 natural plant vitalizer concentrate – Usage guide. Retrieved from https://edenvaleplants.com/HB-101-Natural-Plant-Vitalizer-Concentrate
12. Fahad, S., A. Bajwa, U. Nazir, A. Anjum, A. Farooq, A. Zohaib, S. Sadia. 2017. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. Front. Plant Sci 8: 56-65. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147
13. Ferreira-Santos, P., E. Zanuso, Z. Genisheva, C.M.R. Rocha, J.A. Teixeira. 2020. And sustainable valorization of bioactive phenolic compounds from pinus by-products. Molecules 25: 2931. https://doi.org/10.3390/molecules25122931
14. Ferreira-Santos, P., Z. Genisheva, C. Botelho, J. Santos, C. Ramos, J.A. Teixeira, C.M.R. Rocha. 2020. Unravelling the biological potential of pinus pinaster bark extracts. Antioxidants (Basel) 9(4): 334. https://doi.org/10.3390/antiox9040334
15. Flores-Saavedra, M., M. Plazas, S. Vilanova, J. Prohens, P. Gramazio. 2023. Induction of water stress in major Solanum crops: A review on methodologies and their application for identifying drought tolerant materials. Sci. Hort 318: 45-53. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112098
16. HB-101 USA. 2023. How to use HB-101. Retrieved from https://hb-101usa.com/phone/howtouse2nd_sp.html
17. Huan, X. 2022. Integrating transcriptomics and metabolomics to analyze drought response in quinoa. Front. Plant Sci 13: 988861. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.988861
18. Hubick, K.T., D.M. Reid. 1980. A rapid method for the extraction and analysis of abscisic acid from plant tissues. Plant Physiol 65: 523–525.
19. Jacobsen AL, Pratt RB, Venturas MD, Hacke UG, Lens F (2019) Large volume vessels are vulnerable to water-stress-induced embolism in stems of poplar. IAWA J 40: 4. https://doi.org/10.1163/22941932-40190233
20. Jung, J.Y., S. Ha, J. Yang. 2021. The effect of wood extract as a water-soluble fertilizer in the growth of *Lactuca sativa*. J. Korean Wood Sci. Technol 49(4): 384-393. https://doi.org/10.5658/WOOD.2021.49.4.384
21. Karimi, F., M. Ahmadi, M. Rezaei. 2022. Determining the quinoa water requirement and plant response coefficients in Khuzestan climate. Int. J. Plant Prod 16(1): 101–110. https://doi.org/10.1007/s42106-021-00178-w
22. Kundu, A., Pradhan, P., & Ghosh, A. 2021. Phytochemical composition and antioxidant properties of *Cedrus deodara* extracts. J. Ess. Oil Res 33(5): 420–427. https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1935326
23. Lee, J. H., S. H. Kim, Y. S. Choi. 2018. Antimicrobial and antioxidant activities of *Pinus densiflora* needle extracts. Ind. Crops Prod 124: 570–578. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.037
24. Mirsafi, S.M., A. R. Sepaskhah, S. H. Ahmadi. 2024. Quinoa yield components, soil water dynamics, root growth, and water use indicators in response to deficit irrigation and planting methods. J Agric Food Res. 2024;15:100970. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.100970
25. Mirzaei, F., M. Sarfarazi, N. Ghaderi. 2019. Evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) growth and yield under different plant densities in southern Iran. Agric. Water Manag 225: 105758. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105758
26. Moghadam, B., A. Rahimi, S. Hosseini. 2025. Impact of drip irrigation levels on the growth, production, and water productivity of quinoa grown in arid climate conditions. Water 17(7): 917. https://doi.org/10.3390/w17070917
27. Nektrarios, P., G. Economou, C. Avgoulas. 2005. Allelopathic effect of Pinus halepensis needles on Turfgrass and biosensor plants. HortScience 40: 246-250. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.1.246
28. Oh, T., M. Cho, J. Chung, H. Jung, K. Jeon,H. Moon, S. Lee and Y. Shinogi. 2012. Effect of Thinning Intensity on Soil Nitrogen Dynamics in Pinus densiflora Stand. J. Fac. Agr 57 (2), 473–479.
29. Pathan, S., Ndunguru, G., Clark, K., Ayele, G. 2023. Yield and nutritional responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes to irrigated, rainfed, and drought stress environments. Front. Sustain. Food Syst. 7, 1242187. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1242187
30. Pervez, K., F. Ullah, S. Mehmood, A. Khattak. 2017. Effect of Moringa oleifera Lam. leaf aqueous extract on growth attributes and cell wall bound phenolics accumulation in maize (*Zea mays* L.) under drought stress. Kuwait J. Sci 44 (4): 110-118.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]

31. Rahimi-Moghaddam, S., Azizi, K., Eyni-Nargeseh, H., & Kalantar Ahmadi, S. A. (2023). Simulation of production and water use efficiency of spring canola cultivars in warm and temperate climates. Environmental Sciences, 21(1), 15-30. [In Persian] https://doi.org/10.52547/envs.2023.1169
32. Sánchez-Moya, T., R. López-Nicolás, P. Peso-Echarri, A. González-Bermúdez, C. Frontela-Saseta. 2024. Effect of pine bark extract and its phenolic compounds on selected pathogenic and probiotic bacterial strains. Front. Nutr 11: 34-46. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1360466
33. Schlegel, H. G. 1956. Die Verwertung Orgngischer Souren Durch Chlorella Lincht. Planta., 47: 510-526.
34. Seleiman, M.F., N. Al-Suhaibani, N. Ali, M. Akmal, M. Alotaibi, Y. Refay, T. Dindaroglu, H.H. Abdul-Wajid, M.L. Battaglia. 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants 10(2): 259. https://doi.org/10.3390/plants10020259
35. Singh, P., R. Shukla, B. Prakash, A. Kumar, P. K. Mishra, N. K. Dubey. 2012. Chemical profile, antifungal, antioxidant and antiaflatoxigenic activities of *Cedrus deodara* essential oil and its major component α-terpineol. J. Sci. Food Agric 92(4): 875–883. https://doi.org/10.1002/jsfa.4668
36. Stewart, C.R. and G. Voetberg. 1985. Relationship between Stress-Induced ABA and Proline Accumulation and ABA-Induced Proline Accumulation in Excised Barley Leaves. Plant Physiol. 79(1):24-27. https://doi.org/10.1104/pp.79.1.24
37. Stikić, R., Z. Jovanović, A. Marjanović, S. Đorđević. 2015. The effect of drought on water regime and growth of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ratar Povert 52: 80-84.
38. Tardieu, F., T. Simonneau, B. Muller. 2018. The physiological basis of drought tolerance in crop plants: a scenario-dependent probabilistic Approach. Annu. Rev. Plant Biol 69: 733–59. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040218
39. Turel, I., H. Ozbek, R. Erten, A. C. Oner, N. Cengiz, O. Yilmaz. 2009. Hepatoprotective and antioxidant activity of Plantago major L. extracts. J. Med. Food 12(2): 368–374. https://doi.org/10.1089/jmf.2008.0074
40. Yang, X., W. Zhao, Y. Li, Z. Zhou. 2022. Chemical diversity and biological activity of essential oils from Pinus species: A review. Molecules 27(17): 5658. https://doi.org/10.3390/molecules27175658
41. Yin, H., X. Liu, Y. Zhou, X. Hu. 2020. Effects of drought and ionic titanium on the growth of quinoa seedlings. AIP Conference Proceeding. https://doi.org/10.1063/5.0030392
42. Yoshida, K., M. Hasegawa. 2003. HB-101: Natural plant vitalizer derived from Japanese conifers and Plantago major. Jap. J. Org. Agric 5(2): 45–51.
43. Zainab, D., A. Husnain Gondal, A. Zafar, S. Sohail, H. Zafar, A. Bakar Ijaz, Q. Farooq, M. Sharjeel Haider, B. Rehman, M. Saqlain Shah, H. Yousaf, M. Nauman Aslam, U. Muneer, M. Husnain. 2021. A brief study of quinoa role and its adaptation towards salinity and drought stress. Agric. Farm 2: 27-40.

نسخه پیش از انتشار (اصلاح نشده)

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2026-02-04]