مقاله پژوهشی

# مطالعه تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd)

سعید حضرتی[1*]، بهمن تیمورلویی[1]، امیر رضا صادقی بختوری[1] و فرهاد حبیب‌زاده[2]

[1] گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز

[2] گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۴/۰۵)

**چکیده**

**کم‌آبی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. کودهای آلی مانند کمپوست و ترکیبات معدنی مانند زئولیت می‌توانند از اثر منفی کم‌آبی بر گیاهان بکاهند. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر سطوح آبیاری (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی) و تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت (عدم کاربرد کود، کاربرد ۴ تن کمپوست، کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت) بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک کینوا بود. این مطالعه در سه تکرار و به‌صورت اسپلیت پلات در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. در این پژوهش، کم‌آبی از عملکرد دانه کاست و کمترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، ۲۰۲۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد ۲۹/۸ درصد کمتر بود. این کاهش تا حدی ناشی از کاهش وزن هزار دانه بود. تیمارهای کاربرد ۸ تن کمپوست، ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت این صفت را به‌ترتیب به میزان ۲۸/۹، ۳۶/۲ و ۳۲/۹ درصد افزایش دادند. تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت، با افزایش تعداد دانه و وزن دانه بر عملکرد دانه افزودند. با توجه به اهمیت اقتصادی عملکرد و ویژگی‌های کیفی دانه و رشد کلی بوته، تیمار کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت می‌تواند به‌طور مطلوبی عملکرد دانه را هم در شرایط کم‌آبی و هم در شرایط آبیاری کامل افزایش دهد.**

**کلمات کلیدی: عناصر غذایی، عملکرد دانه، کم‌آبی، مواد آلی**

**مقدمه**

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) یک گیاه زراعی تولید کننده بذر (دولپه‌ای و متعلق به تیره تاج خروس) است که در کوهستان‌های آند برای هزاران سال کشت شده و دارای گونه‌های وحشی و اهلی است (Fuentes *et al.*, 2012). بذور کینوا و تا حدودی برگ‌های آن، از نظر تجاری برای دام و مصرف انسان‌ها به‌کار برده می‌شود و دارای ویژگی‌های غذایی منحصر به فردی هستند. ارزش غذایی بذور کینوا معادل گوشت بوده و از این‌رو، توسط سازمان سلامت جهانی توصیه گردیده است (Angeli *et al.*, 2020). علاوه بر آن، گونه‌های سازگار به شرایط سخت کوه‌های آند، مقاومت قابل‌توجهی به عوامل تنش‌زایی مانند شوری (Shabala *et al.*, 2013) و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

خشکی (Ali *et al.*, 2020) دارند. از این‌رو، کینوا جایگزینی مناسب برای امنیت غذایی، به‌ویژه در مواجه با خطرات افزایش خشکسالی و شوری است؛ سازمان خوار بار جهانی، ۲۰۱۳ را به‌عنوان سال کینوا معرفی نمود (Ruiz *et al.*, 2014). تولید محصولات کشاورزی توسط عوامل تنش‌زای محیطی محدود می‌شود. خشکی و شوری از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای محیطی هستند که بر ۲۵ درصد از زمین‌های زراعی جهان اثر می‌گذارند (Fathi and Barari Tari, 2016).

تعدادی از ترکیبات مانند پلی‌مرهای جاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی از آب را جذب نموده و توانایی نگه‌داری آب را در خاک افزایش دهند. آب جذب‌شده در هنگام تنش کم‌آبی به تدریج آزاد می‌شود و ریشه‌های گیاهان می‌توانند از آن استفاده کنند. ویژگی‌های این ترکیبات بسته به عواملی مانند نوع گیاهان، ویژگی‌های شیمیایی، بافت خاک و عوامل محیطی متفاوت است و از این ترکیبات می‌توان برای مبارزه با کم‌آبی بهره جست و مقاومت گیاهان را به کم‌آبی افزایش داد (Zare *et al.*, 2013). یکی از مهم‌ترین این سوپر جاذب‌ها زئولیت است. با توجه به ساختار متخلخل و جذب کاتیونی بالا، این ماده معدنی قادر است مقداری از آب و عناصر غذایی (به‌ویژه کاتیون‌های) موجود در خاک را در خود نگه داشته و به‌تدریج آزاد و در اختیار گیاه قرار دهد که موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و کودهای شیمیایی می‌گردد (Nozari *et al.*, 2013). استفاده از زئولیت سبب پایداری خاک شده و علاوه بر آن، pH خاک را کنترل می‌کند. همچنین، بخشی از کانی‌های پتاس و فسفر که پایدار و قابل جذب گیاه نیستند، توسط زئولیت که توانایی تبادل یونی دارد، جذب شده و بخشی از مواد مفید را قابل‌جذب گیاه می‌نماید؛ درنتیجه موجب افزایش حاصل‌خیزی خاک‌های زراعی و باغی می‌گردد (Alfi and Azizi, 2015).

کمپوست در کشاورزی برای بهبود حاصل‌خیزی خاک استفاده می‌شود؛ میزان ماده آلی خاک را افزایش می‌دهد، مخصوصاً در خاک‌های شنی که ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی کمی دارند. با افزایش ماده آلی، ویژگی‌های خاک مانند پایداری خاکدانه، منافذ و هدایت هیدرولیکی، تشکیل خاکدانه، ظرفیت نگه‌داری آب و همچنین حاصلخیزی خاک بهبود می‌یابد (Nguyen *et al.*, 2012). براساس نتایج مطالعه‌ای، کاربرد هم‌زمان کمپوست و زئولیت در زمین‌های فقیر توانست تأثیر مثبتی روی باروری خاک و کاهش شستشوی عناصر در زراعت گندم داشته باشد (Joghan *et al.*, 2010). در مطالعه‌ای توسط Gholamhoseini و همکاران (۲۰۱۳)، کاربرد کود دامی با زئولیت در خاک‌های شنی توانست باروری خاک، قابلیت دسترسی به نیتروژن در گیاه، کارآیی مصرف نیتروژن و در نتیجه عملکرد را افزایش دهد. هم‌چنین کاربرد کود دامی و زئولیت توانست کارآیی مصرف آب را با بهبود رشد گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب بهبود دهد؛ درنتیجه، کاربرد کود دامی حاوی زئولیت می‌تواند یک رویکرد علمی به سمت کشاورزی پایدار با کاهش کاربرد کودهای شیمیایی باشد. کاربرد کمپوست حاوی ۱۵ درصد زئولیت در شرایط گلخانه‌ای روی گیاه کلزا توانست عملکرد ماده خشک را با افزایش فراهمی عناصر ریزمغذی و کاهش تحرک عناصر سمی افزایش دهد (Awasthi *et al.*, 2017). گزارش شده اضافه‌کردن کمپوست حاوی زئولیت به خاک توانست عملکرد ماده خشک را در ذرت تا ۵۶ درصد افزایش و شستشوی نیترات را تا ۲۹ درصد کاهش دهد (Soudejani *et al.*, 2019). نتایج آزمایشی نشان داد که کاربرد زئولیت به میزان۱۰تن در هکتار که با دو هدف حفظ رطوبت و جلوگیری از آبشویی نیتروژن استفاده شد، به‌دلیل خاصیت جذب، نگهداری و افزایش دسترسی به رطوبت و عناصر غذایی در شرایط تنش کم‌آبی، موجب کاهش آثار منفی تنش در تاج خروس شد و با تأثیر بر کلروفیل برگ، به بهبود عملکرد و کیفیت علوفه منجر شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد کاربرد زئولیت، به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک در مناطق در معرض تنش خشکی مشابه منطقه مورد آزمایش، شایان توجه بیشتری است (Karami *et al.*, 2020) در مطالعه‌ای استفاده از زئولیت به‌طور مطلوبی باعث افزایش کارآیی کود کمپوست شده وآثار مثبتی بر ویژگی‌های خاک و همچنین میزان، رشد، عملکرد و درصد

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

اسانس گیاه وتیور (*Chrysopogon zizanioides* L.) گردید (Nargesi alipour *et al*., 2017). با توجه به مطالعات صورت گرفته، کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت باعث بهبود عملکرد محصول، افزایش نگهداری رطوبت و جلوگیری از اتلاف مواد غذایی و کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی می‌گردد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد گیاه کینوا و تأثیر کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت در مواجهه با تنش کم‌آبی در این گیاه بود.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان اجرا گردید. این منطقه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۳۱۸/۸ متری از سطح دریای آزاد قرار دارد. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۶ درجه سلسیوس و میانگین حداقل دمای سالیانه ۲/۲ درجه سلسیوس است. میانگین بارندگی سالانه این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر است.

جهت تجزیه خاک محل اجرای طرح، یک نمونه خاک از ۶ نقطه مزرعه از اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. پس از تجزیه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به شرح زیر تعیین شد (جدول ۱).

آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری به‌عنوان عامل اصلی (آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و عامل فرعی کمپوست غنی‌شده با زئولیت در پنج سطح (عدم کاربرد کمپوست، ۴ تن کمپوست، ۸ تن کمپوست، ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت، ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت) بود. زئولیت مورد استفاده تولید شرکت بهینه سازان خاک بود و مقادیر کاربرد براساس پیشنهادات مربوطه در نظر گرفته شدند (Gholamhoseini *et al*., 2013; Karami *et al*., 2020).

در اواخر اردیبهشت ماه آماده‌سازی بستر بذر شامل شخم، دیسک‌زنی و آماده‌سازی پشته‌ها انجام شد. سپس بذر گیاه کینوا رقم تیتیکاکا از مرکز جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی تهیه گردید. گیاهان به‌صورت کرتی در هر کرت ۵ ردیف کاشت به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول ۱/۵ متر آماده‌سازی شد. کشت در عمق ۵ سانتی‌متری به‌صورت دستی انجام گرفت. فاصله بوته از هم ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

برای اعمال تیمارهای مربوط به جاذب رطوبت، ابتدا مقدار کمپوست و زئولیت مورد نیاز برای هر تیمار محاسبه شد. پس از مخلوط‌کردن آن‌ها، در وسط و روی هر فارو شیاری به عمق ۱۰ سانتی‌متر ایجاد و کمپوست غنی‌شده با زئولیت در کف شیار قرار داده شد. سپس، بذرهای ضدعفونی‌شده کینوا در محل شیارهایی که قبلاً باز شده و کمپوست غنی‌شده با زئولیت در آنها قرار داده شده بود، در تاریخ ۲۰ خرداد ماه به عمق ۵ سانتی‌متر کشت شدند. پس از کاشت، به منظور سبزشدن یکنواخت مزرعه، سه نوبت آبیاری سطحی به فاصله سه روز براساس ظرفیت زراعی انجام شد و پس از آن (پیش از رفتن گیاه کینوا به ساقه)، تنش رطوبتی براساس تخلیه رطوبت زراعی اعمال گردید. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از دستگاه (Time-Domain Reflectometry, Model T.D.R (Lutron PMS-714 ساخت تایوان در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری کرت‌ها استفاده شد. پیش از اجرای آزمایش، با نمونه‌گیری از اعماق مختلف خاک در زمان‌های مختلف، از طریق روش وزنی درصد حجمی رطوبت خاک تعیین و سپس درصد حجمی رطوبت خاک در همین نقاط به‌وسیله دستگاه T.D.R اندازه¬گیری و سپس یک معادله رگرسیونی بین دو سری از داده¬ها محاسبه شد که برای کالیبره‌کردن دستگاه T.D.R مورد استفاده قرار گرفت. داده¬های دستگاه T.D.R به طور روزانه در طول دوره رشد گیاه ثبت گردید. در هر مرحله آبیاری مجدد، کرت‌ها تا ظرفیت اشباع خاک به‌طور مساوی (به وسیله خواندن کنتور) به روش نشتی آبیاری شدند. برای محاسبه حجم آب مورد نیاز برای هر کرت پیش از اجرای

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

**جدول ۱- نتیجه آزمون خاک**

| هدایت الکتریکی (dS/m) | pH | درصد مواد خنثی‌شونده | مواد آلی | نیتروژن کل | فسفر قابل جذب | پتاسیم قابل جذب | بافت خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٪ | | میلی‌گرم بر کیلوگرم | | |
| ۳/۷۹ | ۷/۷۵ | ۴/۷۵ | ۰/۴ | ۰/۰۴ | ۲۲/۵ | ۳۶۰ | لومی شنی |

طرح ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم برحسب درصد وزنی و وزن مخصوص ظاهری خاک مشخص گردید. عمق آبیاری در هر مرحله به اندازه‌ای بود که تا عمق موردنظر به حد ظرفیت زراعی برسد.

برای اندازه‌گیری صفات، پس از رسیدگی فیزیولوژیک، عملیات برداشت در تاریخ ۲۰ شهریور آغاز و پس از حذف ردیف‌های کناری هر کرت، تعداد ۱۰ بوته تحت رقابت از ردیف میانی با حذف اثر حاشیه‌ها برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. صفات عملکردی شامل وزن خشک گیاه، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بذر در هکتار اندازه‌گیری شدند. تعداد ۱۰ نمونه به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب، و وزن تر آن‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، اندام هوایی در آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت نگه داشته شدند. پس از ۴۸ ساعت، نمونه‌ها از پاکت خارج شده و توزین گردیدند. تعداد دانه در ۱۰ بوته انتخاب شده به‌طور تصادفی در هر کرت شمارش شده و سپس با تقسیم تعداد دانه در ۱۰ بوته، تعداد دانه در بوته به‌دست آمد. برداشت نهایی از مساحتی معادل یک متر مربع از بوته‌های موجود در ردیف دوم کاشت از هر کرت انجام گردید. سپس دانه‌ها جدا و وزن آن‌ها در بوته‌های یک مترمربع اندازه‌گیری و به هکتار تبدیل شد.

شاخص برداشت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Ali *et al.*, 2020):

وزن خشک اندام / عملکرد اقتصادی (دانه) = شاخص برداشت

۱۰۰× هوایی+ عملکرد اقتصادی (دانه)

به‌منظور محاسبه محتوای رطوبت نسبی در مرحله گلدهی کامل، ۱۰ عدد برگ از هر کرت انتخاب و پس از توزین به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در آب غوطه‌ور شدند. سپس مجدداً برگ‌ها را وزن کرده و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۳ درجه سانتی‌گراد قرار دادیم. پس از توزین برگ‌های خشک، محتوای رطوبت نسبی با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد (Ali *et al.*, 2020):

/ وزن خشک برگ – وزن تر برگ) = محتوای رطوبت نسبی

۱۰۰ × (وزن خشک برگ - وزن آماس برگ

به‌منظور تعیین شاخص محتوای کلروفیل، از هر کرت در مرحله گل‌دهی ۱۰ بوته کامل انتخاب و با دستگاه کلروفیل سنج مدل ۲۰۰- CCM شاخص محتوای کلروفیل در بالاترین برگ اندازه‌گیری و بعد از گرفتن میانگین، این صفت برای هر کرت به‌طور جداگانه یادداشت شد. اندازه‌گیری غلظت فسفر عصاره‌های گیاهی با روش وانادومولیبدو فسفریک اسید یا روش زرد در طول‌موج ۴۳۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده گردید (Jones Jr, 2001). نیتروژن موجود در دانه با استفاده از روش تیتراسیون بعد از مراحل هضم و تقطیر در سیستم کجلدال اندازه‌گیری شد (Novozamsky *et al.*, 1974). محتوای پتاسیم دانه توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (Chapman and Pratt, 1962). مقدار نیتروژن دانه با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد. پس از تیتراسیون، مقدار نیتروژن با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید. درنهایت، با استفاده از میزان نیتروژن محاسبه شده و ضریب تبدیل ۶/۲۵، میزان پروتئین نمونه‌ها محاسبه گردید (Kaur, 2016):

۶/۲۵ × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

پیش از تجزیه آماری، تست نرمال‌بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از اندازه گیری صفات موردنظر با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

درصد استفاده شد. برای مقایسه میانگین اثرات متقابل از برش‌دهی استفاده شد. برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2017 استفاده گردید.

## نتایج و بحث

**وزن خشک گیاه و زیست‌توده کل:** نتایج نشان داد سطوح آبیاری و تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت اثر معنی‌داری بر وزن خشک بوته‌های کینوا داشت (جدول ۲). در این بررسی، سطح کم‌آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری را در وزن خشک گیاه باعث شد، ولی آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تأثیری بر وزن خشک گیاه نداشت. در آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی وزن خشک بوته ۲۵/۳۶ گرم بود که در مقایسه با آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به میزان ۳۶/۴ درصد کمتر بود (جدول ۳).

در این مطالعه تیمار کاربرد ۴ تن کمپوست تأثیری بر وزن خشک گیاه کینوا نداشت، ولی تیمارهای کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایشی معنی‌داری بر وزن خشک گیاه کینوا داشت. در تیمارهای کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت وزن خشک گیاه کینوا ۳۶/۱۲، ۳۷/۹ و ۴۰/۲ گرم بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود به‌ترتیب ۱۹/۵، ۲۵/۴ و ۳۲/۷ درصد بیشتر بود. هر سه تیمار کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت، اثر افزایشی مشابهی را از نظر آماری بر وزن خشک گیاه کینوا داشتند (جدول ۴).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات، بر هم‌کنش سطوح آبیاری در تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده کینوا داشت (جدول ۲). براساس نتایج، تنش کم آبی در ۷۵ درصد تخلیه رطوبت باعث کاهش معنی‌دار میزان زیست‌توده در مقایسه با تیمار آبیاری ۲۵ و ۵۰ درصد تخلیه رطوبت شد. کاربرد ۴ و ۸ تن کود کمپوست به‌همراه زئولیت در شرایط کم‌آبی ۷۵ درصد تخلیه رطوبت، افزایش معنی‌داری را در زیست‌توده کینوا باعث شد. در این دو تیمار (۴ و ۸ تن کمپوست غنی‌شده با زئولیت) در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد کمپوست) در شرایط تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، به‌ترتیب ۳۹ و ۳۸ درصد بر میزان زیست‌توده افزوده شد (شکل ۱). در این آزمایش افزودن کمپوست به تنهایی و به همراه زئولیت منجر به افزایش زیست‌توده کینوا تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش شد. در توجیه این مسأله می‌توان گفت که زئولیت‌ها به‌عنوان سوپر جاذب‌های قوی با حفظ و جلوگیری از هدررفتن آب و یون‌های مغذی و بهبود جذب ریشه موجب افزایش و بهبود رشد گیاه می‌گردد و از طرفی کاربرد کود کمپوست غنی‌شده با زئولیت به‌نظر می‌رسد باعث بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک شده، افزایش رطوبت و مواد غذایی خاک منجر به افزایش زیست‌توده می‌گردد (Nargesi alipour *et al.*, 2017).

در پژوهش حاضر مشاهده گردید که آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، از وزن گیاه کاسته و تولید زیست‌توده کینوا را کاهش داد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که وقتی گیاه با کم‌آبی رو به رو شود، روزنه‌هایش بسته یا نیمه بسته می‌شوند و این موجب کاهش جذب دی‌اکسید کربن گردیده که توان فتوسنتزی گیاه را کاهش خواهد داد. ضمناً، موجب کاهش پتانسیل آبی برگ‌ها، از دست‌رفتن توژسانس، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش بزرگ‌شدن سلول‌ها و کاهش رشد می‌شود (Akram *et al.*, 2012; Yi *et al.*, 2010). مصرف کمپوست غنی‌شده با زئولیت تا حدی تجمع ماده خشک (ریشه و بخش هوایی) را افزایش می‌دهد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت آن بر رشد رویشی گیاه و افزایش زیست‌توده خشک (ریشه و بخش هوایی) بوده که می‌تواند به‌دلیل افزایش ظرفیت نگهداری مواد غذایی و به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای استفاده بیشتر گیاه باشد (Gholamhoseini *et al.*, 2013). Fischer و همکاران (۲۰۱۳) از مطالعه تأثیر کم‌آبی بر گیاه کینوا نتیجه گرفتند که تیمار کم‌آبی، کاهشی ۲۲/۴ درصدی را در زیست‌توده بوته‌های کینوا باعث شد. پژوهش Parida و

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

**جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رشدی و عملکردی مورد بررسی در کینوا**

| منابع | درجه آزادی | وزن خشک گیاه | زیست توده کل | تعداد خوشه | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | شاخص برداشت | محتوای رطوبت نسبی برگ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۵/۳۵ | ۱۷۵۵۷۴ | ۰/۲۰ | ۰/۰۰۴ | ۴۹۴۰۱ | ۳/۸۳ | ۵۸/۸۲ |
| آبیاری | ۲ | ۱۳۰۱/۲$^{**}$ | ۷۹۳۷۰۳۹۵$^{**}$ | ۴۳/۴۰$^{**}$ | ۰/۵۹$^{**}$ | ۳۹۴۸۶۲۱$^{**}$ | ۳۴/۶۶$^{*}$ | ۰/۴۲۲$^{**}$ |
| خطای اصلی | ۴ | ۵۵/۰۵ | ۶۷۱۵۶۸/۲۰ | ۰/۸۰ | ۰/۰۱ | ۲۰۷۲۶ | ۱۳/۳۷ | ۱۲/۲۲ |
| کمپوست غنی‌شده با زئولیت | ۴ | ۱۲۰/۵۰ | ۱۰۱۱۴۵۵۲/۲۰$^{**}$ | ۵/۰۷$^{**}$ | ۰/۰۸$^{**}$ | ۹۴۹۰۸۶$^{**}$ | ۴/۹۱$^{ns}$ | ۱۰۵/۳۸$^{ns}$ |
| آبیاری در کمپوست غنی‌شده با زئولیت | ۸ | ۴۳/۶۲$^{ns}$ | ۱۹۵۹۶۹۵$^{**}$ | ۱/۰۹$^{ns}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۶۲۱۲۲$^{ns}$ | ۱۸/۴۸$^{*}$ | ۹/۹۰$^{ns}$ |
| خطای کل | ۲۴ | ۳۴ | ۳۹۲۰۱۱/۷۰ | ۰/۶۵ | ۰/۰۰۷ | ۵۷۶۴۰ | ۷/۷۳ | ۱۰/۸۱ |
| ضریب تغیرات(٪) | -- | ۱۶/۲۰ | ۱۲/۳۸ | ۱۰/۲۹ | ۳/۷۷ | ۹/۱۷ | ۱۰/۲۷ | ۵/۳۰ |

**ns، * و **: به‌ترتیب، عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

**جدول ۳- مقایسه میانگین‌های برخی صفات کینوا تحت تأثیر سطوح آبیاری**

| تیمارها | تعداد خوشه در بوته | وزن خشک گیاه (گرم) | وزن هزار دانه | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | محتوای رطوبت نسبی برگ (درصد) | محتوی پتاسیم (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عدم تنش کم آبی | ۹/۵۳$^{a}$ | ۳۹/۸۷$^{a}$ | ۲/۴۹$^{a}$ | ۲۸۹۵/۲۰$^{a}$ | ۶۹/۳۵$^{a}$ | ۱/۰۸$^{b}$ |
| آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت | ۷/۹۳$^{b}$ | ۴۲/۷۳$^{a}$ | ۲/۱۹$^{b}$ | ۲۹۳۰/۶۷$^{a}$ | ۶۱/۶۶$^{b}$ | ۱/۳۱$^{a}$ |
| آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت | ۶/۱۳$^{c}$ | ۲۵/۳۶$^{b}$ | ۲/۱۱$^{c}$ | ۲۰۲۴/۸۰$^{b}$ | ۵۵/۲۷$^{c}$ | ۰/۹۷$^{c}$ |

**در هر ستون، حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD است.**

**جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات کینوا تحت تأثیر کمپوست غنی‌شده با زئولیت**

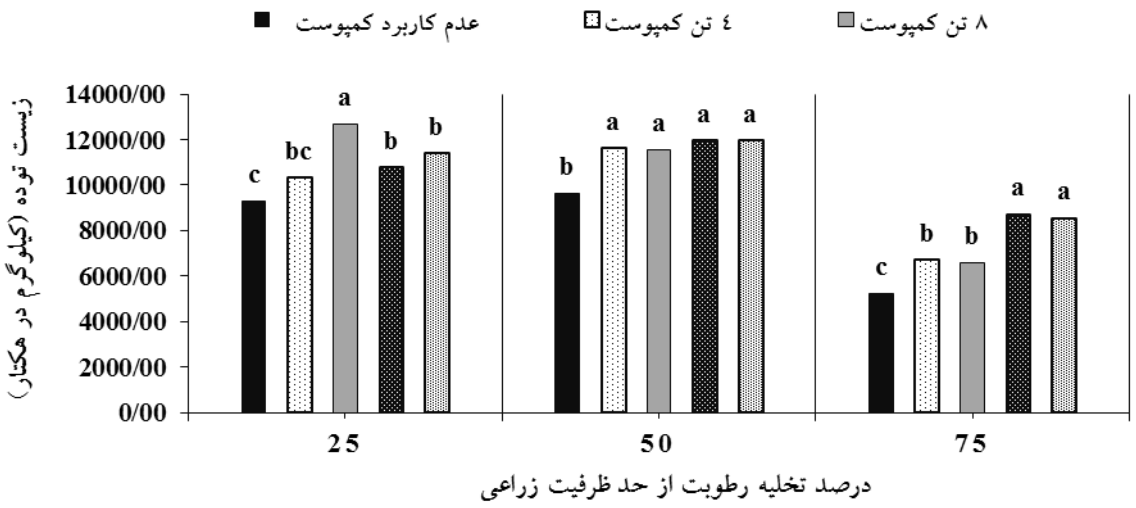
| تیمارها | تعداد خوشه در بوته | خشک گیاه وزن (گرم) | وزن هزار دانه | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) |
|---|---|---|---|---|
| عدم کاربرد کمپوست | ۷$^{b}$ | ۳۰/۲۸$^{b}$ | ۲/۱۴$^{c}$ | ۲۱۳۸/۴۰$^{c}$ |
| ۴ تن کمپوست | ۷/۱۱$^{b}$ | ۳۵/۵۴$^{ab}$ | ۲/۱۸$^{c}$ | ۲۴۳۲/۲۰$^{b}$ |
| ۸ تن کمپوست | ۸/۵۶$^{a}$ | ۳۶/۱۲$^{a}$ | ۲/۲۷$^{b}$ | ۲۷۵۷/۶۰$^{a}$ |
| ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت | ۸/۴۴$^{a}$ | ۳۷/۹۲$^{a}$ | ۲/۳۵$^{ab}$ | ۲۹۱۳/۸۰$^{a}$ |
| ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت | ۸/۲۳$^{a}$ | ۴۰/۱۰$^{a}$ | ۲/۳۶$^{a}$ | ۲۸۴۲/۴۰$^{a}$ |

همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که تحت شرایط خشکی، سنتز لیپیدها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های ساختاری کاهش می‌یابد. درنتیجه کربوهیدرات‌های انتقال داده‌شده به ساقه‌ها مصرف نمی‌شود و تحت شرایط خشکی کربوهیدرات‌ها تجمع می‌یابند؛ از این‌رو، انتقال بعدی کربوهیدرات‌ها از منبع به ساقه‌ها کاهش یافته (Gupta and Kaur, 2005) و وزن بوته کاهش می‌یابد.

نتایج پژوهش حاضر بر گیاه کینوا نشان داد در شرایط عدم کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت، کم‌آبیاری موجب کاهش رشد بوته‌های کینوا گردید. در همین راستا، سایر محققین

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]




**شکل ۱- مقایسه میانگین‌های زیست‌توده کل کینوا تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است).**

کاهش معنی‌دار رشد بوته‌های کینوا تحت شرایط کم‌آبی را گزارش نمودند (Alvar-Beltran *et al.*, 2019). پژوهش Hinojosa و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در رشد بوته‌های کینوا باعث می‌شود. این پژوهشگران اظهار داشتند که کم‌آبی با کاستن از رشد سلول‌های ساقه، به‌شدت رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کم‌آبی با تأثیر بر فرآیندهای درگیر در رشدونمو گیاهان منجر به کاهش رشد گیاهان می‌گردد. از جمله فرآیندهایی که به شدت در اثر کم‌آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد، تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها است. کم‌آبی رشد سلول‌ها را در اثر کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌های گیاهی کاهش می‌دهد؛ چرا که آب نیروی محرکه برای رشد سلول‌ها است و کمبود آب با تضعیف این نیروی محرکه، رشد سلول‌ها و درنتیجه رشد و عملکرد بوته را کاهش می‌دهد (Farooq *et al.*, 2012).

تأثیر مثبت کودهای آلی بر رشد و عملکرد گیاهان، در تحقیقات متعددی به اثبات رسیده است. محققین اظهار داشتند که افزایش ماده آلی خاک شرایط رشدی ریشه‌ها را در گیاه بهبود بخشیده و جذب آب و مواد غذایی را توسط ریشه‌ها افزایش می‌دهد و بنابراین منجر به افزایش رشد می‌گردد (Naderi and Ghadiri, 2013). نتایج این بررسی و سایر محققان، اهمیت ماده آلی خاک را در بهبود رشد و عملکرد گیاهان مورد تأکید قرار می‌دهد. مطالعه Abdallah و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که کاربرد کمپوست افزایش قابل‌توجهی را در رشد و عملکرد بوته‌های کینوا باعث می‌شود. این محققان بهبود شرایط فیزیکی خاک را یکی از مهم‌ترین دلایل بهبود رشد کینوا تحت تأثیر کاربرد کمپوست عنوان نمودند. همچنین دلیل افزایش رشد و عملکرد گیاه با استفاده از کمپوست غنی‌شده با زئولیت این است که زئولیت با افزایش نگه‌داری آب و مواد غذایی موجود در کمپوست و خاک شده و درنتیجه روی توسعه ریشه و درنهایت رشد رویشی و وزن زیست‌توده گیاه می‌تواند تأثیر مثبت بگذارد (Sepaskhah and Barzegar, 2010)؛ همان گونه که در آزمایش حاضر مشاهده شد، کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت میزان وزن خشک گیاه و زیست توده را در سطوح مختلف رطوبتی به‌خصوص عدم تنش به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد.

**تعداد خوشه و وزن هزار دانه:** براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تعداد خوشه‌های کینوا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرهای اصلی سطوح آبیاری و تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت قرار گرفت (جدول ۲). تیمار کاربرد ۴ تن کمپوست تأثیری بر تعداد خوشه کینوا نداشت، ولی تیمارهای کاربرد ۸

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر معنی‌داری بر تعداد خوشه کینوا داشت. در تیمارهای کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت تعداد خوشه‌های کینوا ۸/۵، ۸/۴ و ۸/۲ عدد بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود به‌ترتیب ۲۱/۴، ۱۹/۷ و ۱۷/۱ درصد بیشتر بود. هر سه تیمار کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایشی مشابهی را از نظر آماری در تعداد خوشه کینوا باعث گردیدند (جدول ۴).

وقوع تنش کم‌آبی منجر به کاهش رشد رویشی شد، بنابراین به‌نظر می‌رسد کاهش تعداد خوشه تحت تنش کم‌آبی به محدودیت مواد فتوسنتزی بر می‌گردد. بررسی‌ها نشان داده که کاربرد کودهای آلی میزان تولید اسمیلات‌ها را افزایش می‌دهند که عمدتاً ناشی از افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی است (Herman and Laal, 2012)؛ لذا کودهای آلی با افزایش تولید اسمیلات‌ها می‌توانند بر تعداد خوشه‌ها بیفزایند. افزایش تعداد خوشه فرعی با کاربرد کودهای آلی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. پژوهش Abdallah و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد که کاربرد کمپوست، افزایش معنی‌داری را در تعداد خوشه‌های کینوا باعث می‌شود.

براساس نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی، کم‌آبی و تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کینوا داشته، ولی برهم‌کنش تیمارها تأثیری بر وزن هزار دانه نداشت (جدول ۲). در این بررسی آبیاری پس از تخلیه ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری را در وزن هزار دانه باعث شد. در آبیاری پس از تخلیه ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی وزن هزار دانه ۲/۱۹ و ۲/۱۱ گرم بود که در مقایسه با آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به میزان ۱۲ و ۱۵/۲ درصد کمتر بود (جدول ۳).

تیمار کاربرد ۴ تن کمپوست تأثیری بر وزن هزار دانه کینوا نداشت، ولی تیمارهای کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه کینوا داشت. در تیمارهای کاربرد ۸ تن کمپوست، کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت وزن هزار دانه کینوا ۲/۲۷، ۲/۳۵ و ۲/۳۶ گرم بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود به‌ترتیب ۶/۱، ۹/۸ و ۱۰/۲ درصد بیشتر بود. تیمار کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایش بیشتری را در وزن هزار دانه در مقایسه با کاربرد ۸ تن کمپوست، باعث گردید (جدول ۴).

در این بررسی آبیاری پس از تخلیه ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری را در وزن هزار دانه باعث شد. محققین نشان داده‌اند که تیمار کم‌آبی، کاهش معنی‌داری را در وزن هزار دانه کینوا باعث گردیده و اظهار داشته‌اند که کم‌آبی میزان انتقال مواد پرورده از برگ‌ها به دانه‌ها را کاهش داده و از این طریق می‌تواند وزن دانه‌های کینوا را کاهش دهد؛ از سوی دیگر، فعالیت‌های متابولیکی دانه‌ها در اثر کم‌آبی کاهش یافته و از این طریق، رشد دانه‌ها کاهش می‌یابد (Fischer *et al.*, 2013). مطالعه دیگری نیز کاهش معنی‌دار در وزن هزار دانه کینوا را نشان داد (Alvar-Beltran *et al.*, 2019) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

همچنین به‌نظر می‌رسد علت افزایش وزن هزار دانه در تیمارهای کمپوست و به‌خصوص کمپوست غنی‌شده با زئولیت می‌تواند به‌دلیل خاصیت زئولیت‌ها به‌عنوان سوپر جاذب‌های قوی با حفظ و جلوگیری از هدررفتن آب و یون‌های مغذی به‌خصوص نیتروژن و بهبود جذب همچنین و افزایش غلظت آن در اندام گیاه باشد که استفاده از زئولیت به‌طور مطلوبی باعث افزایش کارآیی کود کمپوست شده و آثار مثبتی بر وزن هزار دانه گیاه کینوا داشته است (Nargesi alipour *et al.*, 2017).

**عملکرد دانه:** با تجزیه واریانس صفات در کینوا مشاهده گردید که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرهای اصلی سطوح آبیاری و تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت قرار گرفت، ولی بر هم‌کنش این عامل‌ها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

دانه کینوا نداشت (جدول ۲). کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه در هکتار باعث گردید. با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی از عملکرد دانه به میزان ۲۹/۷ درصد کاسته شد (جدول ۳).

در این پژوهش، کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه در هکتار باعث گردید. نتایج یک تحقیق نیز نشان داده که تیمار کم‌آبی کاهشی ۳۴/۶ درصدی را در عملکرد دانه در بوته‌های کینوا موجب گردید (Fischer *et al.*, 2013). بررسی دیگری نشان داد که کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه کینوا باعث می‌شود. کم‌آبی با کاستن از تولید دانه در کینوا از عملکرد دانه می‌کاهد. در این بررسی، تمامی تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت افزایش معنی‌داری را در وزن دانه‌های کینوا باعث شدند (Hinojosa *et al.*, 2019). در خاک‌های با ماده آلی کم، جذب بسیاری از مواد غذایی با محدودیت مواجه می‌شود. کاربرد کمپوست با کاهش pH و افزایش ماده آلی خاک می‌تواند منجر به بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شده و جذب مواد غذایی را از خاک بهبود بخشد. از سوی دیگر، کمپوست دارای ترکیبات شبه هورمونی است که روی فتوسنتز و رشد گیاه زراعی تأثیر مثبتی می‌گذارند (Canellas and Oliveras, 2014). از جمله هورمون‌هایی که نقش مهمی را در پر شدن دانه‌ها دارد، می‌توان به سیتوکنین اشاره نمود (Pan *et al.*, 2013). تحقیقات نشان داده که ترکیبات هیومیکی موجود در کمپوست دارای هورمون رشد سیتوکنین هستند (Kodwo, 2007; Kenyangi and Blok, 2012)؛ لذا کاربرد کمپوست از طریق تداخل‌های هورمونی نیز می‌تواند منجر به افزایش وزن دانه‌ها گردد (Kenyangi and Blok, 2012). در پژوهش Hirich و همکاران (۲۰۱۴)، تأثیر کاربرد کمپوست در شرایط کم‌آبی و آبیاری کامل بر رشد و عملکرد کینوا مورد بررسی قرار گرفت. این محققین نشان دادند که کاربرد کمپوست در شرایط آبیاری کامل تا ۱۸ درصد و در شرایط کم‌آبی تا ۲۴ درصد بر عملکرد دانه کینوا افزود. اما نتایج بررسی حاضر نشان داد که کمپوست همراه با زئولیت تأثیر به مراتب بیشتری داشت. بررسی‌ها نشان داده که زئولیت‌ها می‌توانند باعث بهبود کیفیت خاک شوند و اثر کودهای شیمیایی و آلی را افزایش دهند. ویژگی‌های منحصر به فرد زئولیت مانند ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، جذب گزینشی، پایداری ساختاری و فراوانی بودن آن، این ترکیب را برای تیمار خاک جهت افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش اثر کم‌آبی مساعد نموده است (Nakhli *et al.*, 2017).

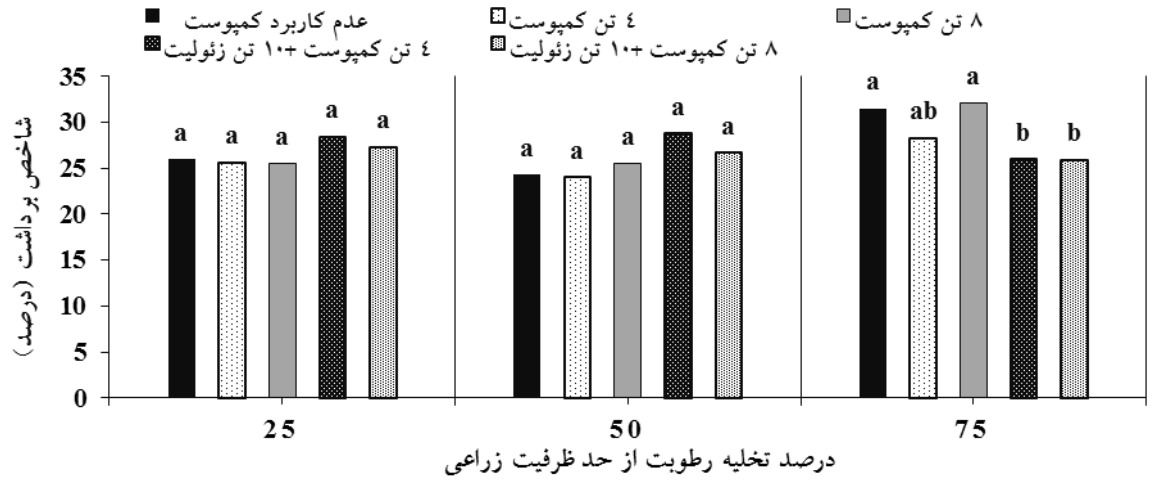
**شاخص برداشت:** با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات، بر هم‌کنش سطوح آبیاری در تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت کینوا داشت (جدول ۲). در این بررسی کم‌آبی تنها در شرایط کاربرد ۴ و ۸ تن کود کمپوست به‌همراه زئولیت، کاهش معنی‌داری را در شاخص برداشت کینوا باعث شد. در این دو تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به‌ترتیب به میزان ۸/۴ و ۴/۷ درصد از شاخص برداشت کاسته شد (شکل ۲).

مطابق با نتایج ارائه‌شده، تنش کم‌آبی شدید تنها در شرایط کاربرد ۴ و ۸ تن کود کمپوست به‌همراه زئولیت، کاهش معنی‌داری را در شاخص برداشت کینوا باعث شد اما تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش متوسط، میزان شاخص برداشت با کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت افزایش یافت. دلیل کاهش شاخص برداشت می‌تواند افزایش زیست‌توده باشد که براساس نتایج، یک رابطه عکس دیده شد. بررسی Alvar-Beltran و همکاران (۲۰۱۹) نیز کاهش معنی‌دار شاخص برداشت کینوا تحت تأثیر کم‌آبی را نشان داد. این محققین اظهار داشتند که تولید دانه در کینوا نسبت به ویژگی‌های رشدی به کم‌آبی حساس‌تر است.

**محتوای رطوبت نسبی برگ:** براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، کم‌آبی اثر معنی‌داری بر محتوای آب برگ‌های کینوا داشت، ولی تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). در این مطالعه کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در محتوای آب برگ‌های

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]




**شکل ۲- مقایسه میانگین‌های شاخص برداشت کینوا تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است).**

کینوا باعث شد. کمترین محتوای آب برگ‌های کینوا با ۵۵/۲ درصد در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به‌دست آمد. با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی کاهشی به‌ترتیب ۱۱/۱ و ۲۰/۳ درصدی در محتوای آب برگ به‌دست آمد (جدول ۳).

در این مطالعه، کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در محتوای آب برگ‌های کینوا به‌خصوص در تیمار تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی موجب شد. میزان رطوبت نسبی برگ تحت تأثیر آبیاری و میزان رطوبت خاک قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که یکی از اثرهای اولیه کم‌آبی در گیاهان، کاهش محتوای رطوبت نسبی است. این کاهش موجب اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف و درنهایت رشد می‌شود (Farooq *et al.*, 2012; Ali *et al.*, 2020). نتایج یک پژوهش نشان داد که کم‌آبی کاهش ۲۷/۸ درصدی را در محتوای رطوبت نسبی برگ‌های کینوا باعث شد (Gonzalez *et al.*, 2009). نتایج ارائه شده توسط Fischer و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که تیمار کم‌آبی، کاهشی ۳۱ درصدی را در محتوای رطوبت نسبی برگ‌های کینوا موجب گردید.

**شاخص کلروفیل:** در این بررسی، شاخص کلروفیل برگ‌های کینوا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر بر هم‌کنش سطوح آبیاری و تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت قرار گرفت (جدول ۵). براساس نتایج این مطالعه، در دو سطح آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت اثر معنی‌دار و مثبتی بر شاخص کلروفیل داشت، ولی در آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بین تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت از نظر شاخص کلروفیل اختلاف معنی‌داری به‌دست نیامد. در آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بیشترین افزایش با ۲۹/۷ درصد متعلق به کاربرد ۸ تن کمپوست به تنهایی بود، درحالی‌که در آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بیشترین افزایش با ۴۸ درصد متعلق به کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت بود. از سوی دیگر کم آبی در تیمارهای عدم کاربرد کود و کاربرد ۴ تن کود دامی افزایش معنی‌داری را در شاخص کلروفیل برگ های کینوا باعث شد (شکل ۳).

براساس نتایج، تنش کم‌آبی باعث کاهش قابل‌توجهی در شاخص کلروفیل شد، اما کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت اثر معنی‌دار و مثبتی بر شاخص کلروفیل در همه سطوح آبیاری داشت. کلروفیل رنگدانه‌ای بوده که کارکرد اصلی آن دریافت

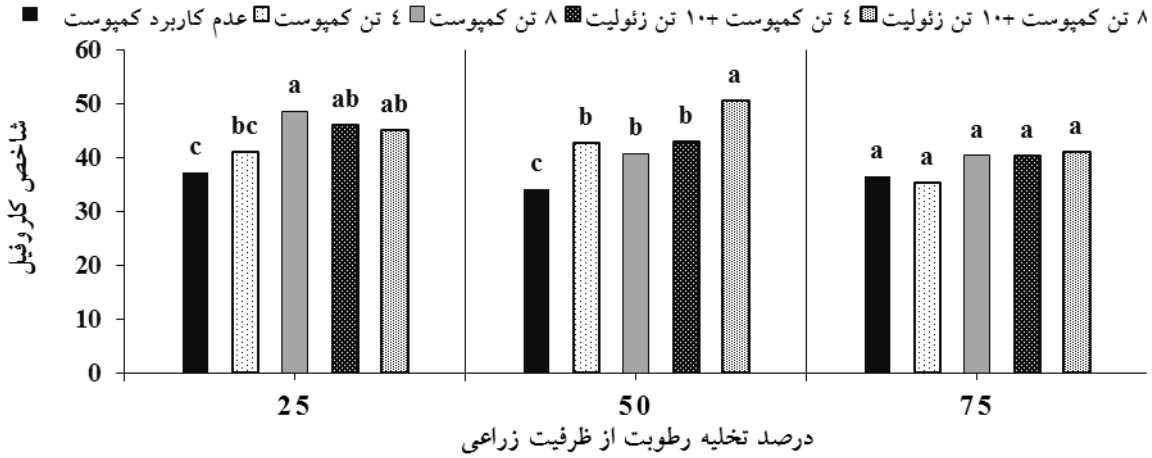
[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

**جدول ۵- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مورد بررسی در کینوا**

| منابع | درجه آزادی | نیتروژن | شاخص کلروفیل | فسفر | پتاسیم | پروتئین |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک | ۲ | ۰/۰۲ | ۵/۷۶ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۱ | ۰/۶۴ |
| آبیاری | ۲ | ۰/۶۷** | ۹۳/۸ ** | ۰/۰۰۶** | ۰/۴۴** | ۲۶/۴۹** |
| خطای اصلی | ۴ | ۰/۰۱ | ۹/۶۶ | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۴۳ |
| کمپوست غنی‌شده با زئولیت | ۴ | ۰/۲** | ۱۲۴/۲** | ۰/۰۰۲** | ۰/۰۰۶ns | ۷/۵۵** |
| آبیاری در کمپوست غنی‌شده با زئولیت | ۸ | ۰/۰۵* | ۲۸/۴* | ۰/۰۰۰۸** | ۰/۰۲۹ns | ۱/۸۶* |
| خطای کل | ۲۴ | ۰/۰۲ | ۱۰/۴ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۱۵ | ۰/۷۷ |
| ضریب تغیرات (٪) | -- | ۵/۴۵ | ۷/۷۹ | ۵/۰۵ | ۱۱/۲۵ | ۵/۴۵ |

**ns، * و **: به‌ترتیب، عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

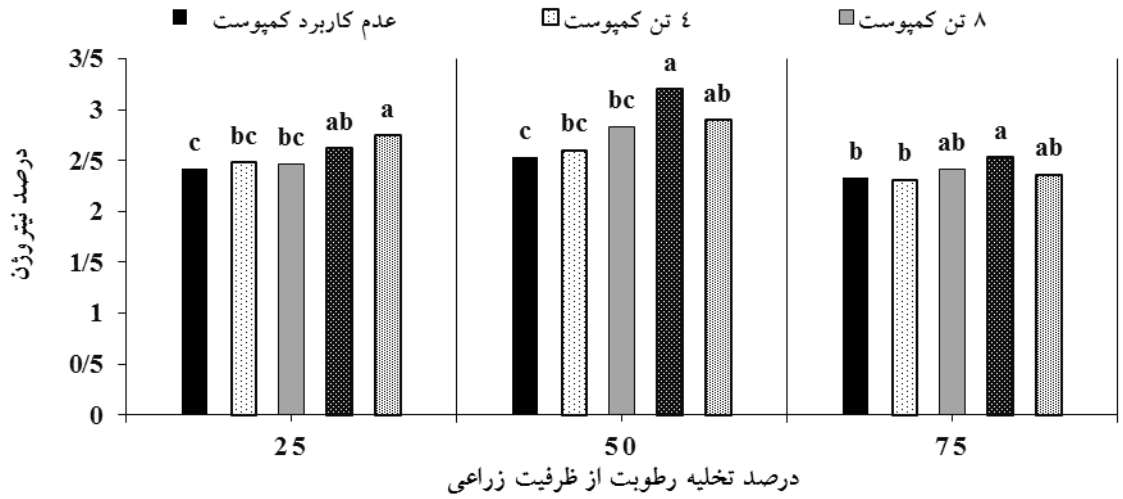



**شکل ۳- مقایسه میانگین‌های شاخص محتوای کلروفیل کینوا تحت تأثیر سطوح آبیاری و کمپوست غنی‌شده با زئولیت (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است).**

انرژی نور برای کاربرد در فتوسنتز می‌باشد. نیتروژن و منیزیم در ساختار کلروفیل شرکت دارند (Barker and Pilbeam, 2015). علت تأثیر مثبت زئولیت بر شاخص کلروفیل را می‌توان به افزایش فراهمی عناصر غذایی (خصوصاً نیتروژن) مرتبط دانست. در یک مطالعه، افزایش معنی‌دار در شاخص محتوای کلروفیل برگ‌های کینوا تحت تأثیر کم‌آبی گزارش گردید (Alvar-Beltran *et al.*, 2019). زئولیت ساختاری متخلخل و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد که موجب نگهداری بیشتر آب و همچنین عناصر غذایی می‌شود. افزودن زئولیت به کمپوست، موجب حفظ ویژگی‌های تغذیه‌ای آن و درنتیجه افزایش فراهمی عناصر غذایی و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه می‌شود (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۴).

**درصد نیتروژن:** تجزیه واریانس صفات نشان داد که بر هم‌کنش سطوح آبیاری در تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت اثر معنی‌داری بر درصد نیتروژن کینوا داشت (جدول ۵). در این مطالعه، در آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تنها کاربرد توأم زئولیت و کمپوست اثر افزایش معنی‌داری بر محتوای نیتروژن در کینوا داشت. در آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد، ولی در آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]




**شکل ۴- مقایسه میانگین‌های درصد نیتروژن کینوا تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است).**

ظرفیت زراعی تنها کاربرد ۴ تن کمپوست + ۱۰ تن زئولیت افزایش معنی‌داری را در محتوای نیتروژن کینوا باعث شد. از سوی دیگر کاهش معنی‌داری در محتوای نیتروژن تحت تأثیر کم آبی، تنها در صورت عدم کاربرد کود به‌دست آمد. در تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت، با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به میزان ۳/۲ درصد از محتوای نیتروژن کینوا کاسته شد (شکل ۴).

در این مطالعه در آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، تنها کاربرد توأم زئولیت و کمپوست اثر افزایش معنی‌داری بر محتوای نیتروژن در کینوا داشت. از سوی دیگر کاهش معنی‌داری در محتوای نیتروژن تحت تأثیر کم آبی، تنها در صورت عدم کاربرد کود به‌دست آمد. کمپوست حاوی ترکیبات آلی بوده که مواد غذایی را تدریجاً آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌دهد. چنین استنباط می‌شود که در شرایط تلفیق کمپوست با زئولیت (به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالای آن)، هم‌افزایی در نگهداری آب و عناصر غذایی ایجاد می‌شود (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه‌ای، Gonzalez و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر کم‌آبی را بر محتوای نیتروژن کینوا مورد بررسی قرار دادند. این محققین نشان دادند کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در درصد نیتروژن برگ‌های کینوا باعث شد. همچنین به‌نظر می‌رسد کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت توانسته از شستشوی عناصر موجود در کمپوست به‌خصوص نیتروژن جلوگیری کند و همچنین فراهمی این عنصر موجود در کمپوست و خاک با جذب و آزادسازی کنترل شده در طول دوره برای گیاه افزایش پیدا کند، درنتیجه، میزان نیتروژن برداشت شده از خاک توسط گیاه کینوا بیشتر باشد. سایر محققان نیز نشان دادند که کاربرد زئولیت سبب افزایش جذب نیتروژن از خاک می‌شود (Malekian *et al.*, 2012; Karami *et al.*, 2020). علت این افزایش همانگونه که اشاره شد می‌تواند مربوط به توانایی کمپوست غنی‌شده با زئولیت در تأمین عناصر غذایی به مقدار مورد نیاز گیاه باشد. از سوی دیگر، وجود زئولیت در ماده آلی می‌تواند بر ویژگی‌های شیمیایی خاک از جمله pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ایجاد کلات‌های فلزی تأثیر گذاشته و درنتیجه، به جذب بهتر عناصر غذایی کمک کند (متشرع‌زاده و عسگری لجایر، ۱۳۹۲).

**محتوای فسفر:** در این بررسی بر هم‌کنش سطوح آبیاری و تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت تأثیر معنی‌داری بر محتوای فسفر کینوا داشت (جدول ۵). در این بررسی در آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، بین تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت از نظر محتوای فسفر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی در آبیاری پس از تخلیه

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت اثر معنی‌داری بر محتوای فسفر داشتند. با توجه به نتایج، در آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تنها تیمار کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایشی معنی‌داری بر محتوای فسفر داشته و این صفت را به میزان ۸ درصد افزایش داد. در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی دو تیمار تیمار کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و تیمار کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایشی معنی‌داری بر محتوای فسفر داشته و این صفت را به‌ترتیب ۳۱/۸ و ۲۲/۷ درصد افزایش داد (شکل ۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده، کمپوست غنی‌شده با زئولیت در شرایط کم‌آبی تأثیر بیشتری را بر محتوای فسفر در برگ‌های کینوا داشت.

به‌طورکلی، کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت در همه سطوح آبیاری میزان فسفر موجود در دانه گیاه کینوا را افزایش معنی‌داری داد. احتمالاً کاربرد کمپوست و همچنین کمپوست غنی‌شده با زئولیت با معدنی‌شدن بیشتر تحت شرایط تنش کم‌آبی و آبیاری نرمال توانسته فسفر بیشتری را در خاک فراهم کند. همچنین با کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت، نگهداری رطوبت در خاک افزایش و درنتیجه فسفر بیشتری توسط گیاه جذب شده است. قابلیت دسترسی به فسفر و جذب آن به شدت به میزان رطوبت خاک وابسته است و تحقیقات نشان داده که تحت شرایط کم‌آبی، میزان جذب فسفر به شدت کاهش پیدا می‌کند (Barker and Pilbeam, 2015). نتایج مشابهی در تحقیق حاضر مشاهده شد. در بسیاری از محققین گزارش کردند که کاربرد زئولیت میزان فسفر قابل دسترس و جذب توسط گیاه را افزایش می‌دهد که می تواند به نگهداری رطوبت خاک، بهبود pH خاک و کاهش تثبیت فسفر توسط عناصر معدنی دیگر مرتبط باشد (Zheng *et al.*, 2019).

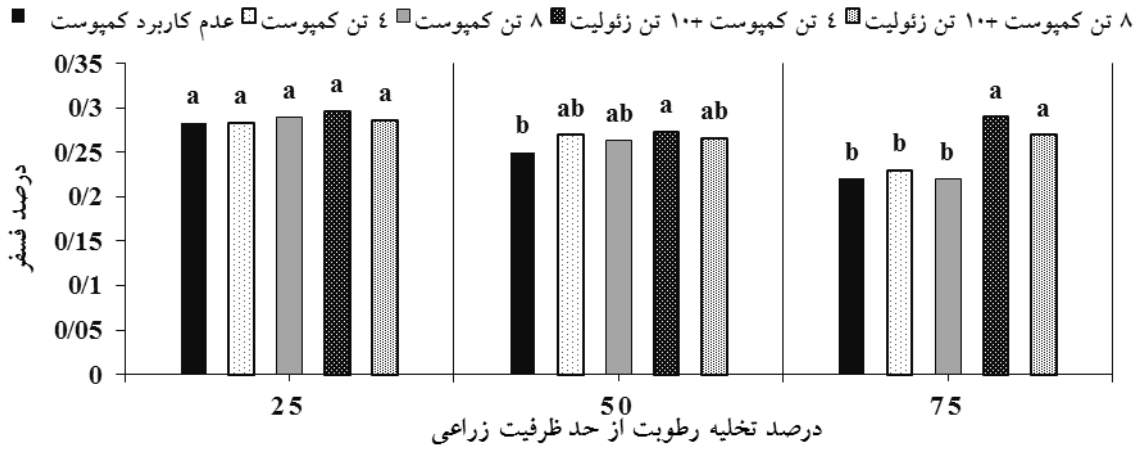
**محتوای پتاسیم:** در این بررسی تیمارهای آبیاری اثر معنی‌داری بر محتوای پتاسیم کینوا داشت، ولی این صفت تحت تأثیر تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت قرار نگرفت (جدول ۵). تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی بر محتوای پتاسیم برگ‌های کینوا افزود و این صفت را به میزان ۲۱/۲ درصد افزایش داد، درحالی‌که تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی کاهش معنی‌دار ۱۰/۱ درصدی را در محتوای پتاسیم کینوا باعث شد (جدول ۳).

در این بررسی، فقط تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، کاهش معنی‌دار محتوای پتاسیم کینوا را باعث شد. پتاسیم به‌وسیله انتشار در محلول خاک جابجا شده و به سطح ریشه‌ها می‌رسد. سرعت انتشار با میزان رطوبت خاک، دما و میزان تماس ریشه با خاک ارتباط زیادی دارد (Ge *et al.*, 2012). چنین استنباط می‌شود که تأثیر منفی کم‌آبیاری بر محتوای پتاسیم کینوا که در این آزمایش مشاهده گردید، به واسطه کاهش رطوبت خاک پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، رخ داده است.

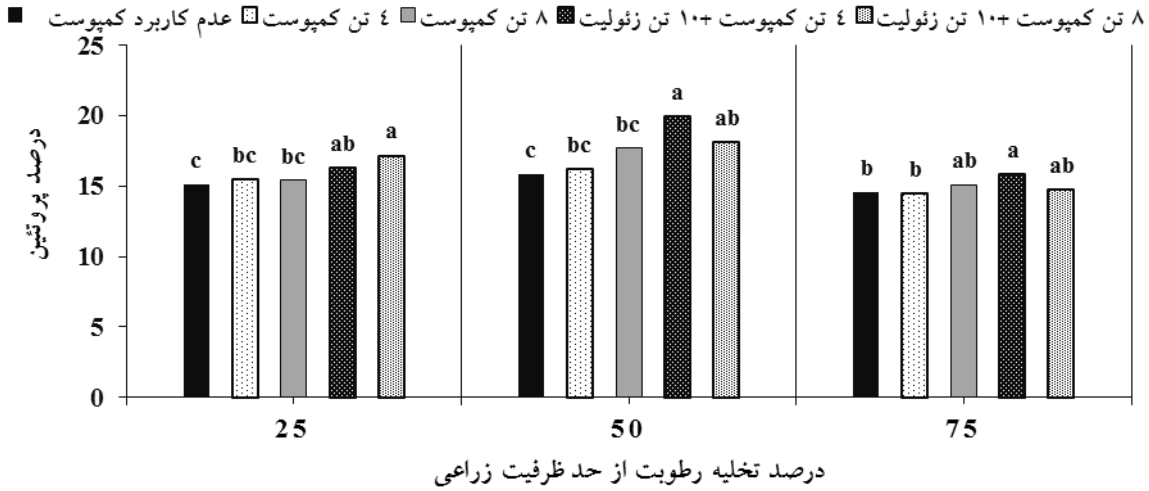
**درصد پروتئین:** براساس نتایج تجزیه واریانس صفات، بر هم‌کنش تیمارهای آبیاری در تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت در صفت درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۵). در این مطالعه در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تیمارهای کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایشی معنی‌داری بر محتوای پروتئین دانه داشت، در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد، اما در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی تنها کاربرد ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایشی معنی‌داری بر محتوای پروتئین دانه کینوا داشته و این صفت را به میزان ۸/۹ درصد افزایش داد. از سوی دیگر، تیمارهای کمپوست غنی‌شده با زئولیت بر تأثیر سطوح آبیاری نیز اثر داشت. تنها در شرایط عدم کاربرد کود، کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]




**شکل ۵- مقایسه میانگین‌های محتوای فسفر دانه کینوا تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است).**




**شکل ۶- مقایسه میانگین‌های درصد پروتئین دانه کینوا تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار است).**

زراعی به میزان ۳/۹ درصد از محتوای پروتئین کاست (شکل ۶).

گزارش ارائه‌شده توسط Gonzalez و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در درصد پروتئین دانه کینوا باعث شد. این محققین اظهار داشتند که کم‌آبی با کاهش میزان جذب نیتروژن و کاهش فعالیت‌های متابولیکی از درصد پروتئین دانه‌های کینوا می‌کاهد. همچنین در آزمایش حاضر، کاربرد کمپوست غنی‌شده با زئولیت در همه سطوح آبیاری به خصوص ۵۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی، درصد پروتئین را افزایش قابل توجهی داد که می‌تواند به‌دلیل فراهمی عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن باشد. تحقیق Fischer و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که تیمار کم‌آبی کاهشی ۷ درصدی را در درصد پروتئین دانه‌های کینوا باعث شد.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار اغلب

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

ویژگی‌های مورد بررسی گردید. در صفات تعداد خوشه، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم، محتوای پروتئین دانه، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه، هر دو تیمار کم‌آبی کاهش معنی‌داری را باعث شدند. لذا در این صفات آستانه خسارت‌زایی کم‌آبی در سطح پایین‌تری بود. صفات عملکردی نسبت به صفات رشدی بیشتر تحت تأثیر تیمار کمپوست غنی‌شده با زئولیت قرار گرفتند. در این مطالعه تیمارهای کاربرد ۸ تن کمپوست، ۴ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت و کاربرد ۸ تن کمپوست+۱۰ تن زئولیت اثر افزایشی معنی‌دار و مشابهی را در عملکرد دانه باعث شد. با توجه به این نتایج، کاربرد کمپوست به میزان ۸ تن تأثیری معادل کاربرد ۴ تن کمپوست تقویت‌شده با زئولیت داشت. در آزمایش حاضر کاربرد کمپوست به‌خصوص کمپوست غنی‌شده با زئولیت بر جذب عناصر غذایی، درصد پروتئین و شاخص کلروفیل تحت شرایط تنش کم‌آبی تأثیر مثبت داشت. در مجموع، با توجه به نتایج این بررسی، عملکرد اقتصادی کینوا تحت تأثیر هر دو سطح کم‌آبی کاهش نشان داد، ولی کاربرد کمپوست همراه با زئولیت در هر دو شرایط کم‌آبی و آبیاری کامل توانست عملکرد کینوا را بهبود بخشد.

## منابع


غلامحسینی، م.، هزارخانی، ا.، قنادپور، س. س. و داوودی، م. ح. (۱۳۹۴) معرفی و کاربرد زئولیت‌های طبیعی (معدن، کشاورزی و محیط زیست). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.

متشرع‌زاده، ب. و عسگری لجایر، ح. (۱۳۹۲) تأثیر سطوح مختلف زئولیت غنی‌شده بر عملکرد ماده خشک، اجزای عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی (فسفر، پتاسیم، روی و مس) در دو رقم ذرت سینگل کراس(۷۰۴ و ۲۶۰). تحقیقات کاربردی خاک ۱: ۷۴-۶۱.

Abdallah, M. M., El Sebai, T. N., Abd El-Mohsen Ramadan, A. and Safwat El-Bassiouny, H. M. (2020) Physiological and biochemical role of proline, trehalose, and compost on enhancing salinity tolerance of quinoa plant. Bulletin of the National Research Centre 44: 2-13.

Akram, H. M., Sattar, A., Ali, A. and Nadeem, M. (2012) Agro-physiological performance of wheat genotypes under normal moisture and drought conditions. Iranian Journal of Plant Physiology 2: 361-374.

Alfi, S. and Azizi, F. (2015) Effect of drought stress and using zeolite on some quantitative and qualitative traits of three maize varieties. Research Journal of Recent Sciences 4: 14-28.

Ali, S., Chattha, M. U., Hassan, M. U., Khan, I., Chattha, M. B., Iqbal, B. and 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.

Alvar-Beltran, J., Saturnin, C., Dao, A., Dalla Marta, A., Sanou, J. and Orlandini, S. (2019) Effect of drought and nitrogen fertilisation on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions in Burkina Faso. Italian Journal of Agrometeorology 1: 33-43.

Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönninger, S. and Piatti, C. (2020) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the "Golden Grain" and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. Foods 9: 216.

Awasthi, M. K., Wang, M., Pandey, A., Chen, H., Awasthi, S. K., Wang, Q. and Zhang, Z. (2017) Heterogeneity of zeolite combined with biochar properties as a function of sewage sludge composting and production of nutrient-rich compost. Waste Management 68: 760-773.

Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. (2015) Handbook of Plant Nutrition. 2nd Ed. CRC Press.

Canellas, L. P. and Olivares, F. L. (2014) Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 1: 31-42.

Chapman, H. D. and Pratt, P. F. (1962) Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Science 93: 68.

Farooq, M., Hussain Abdul Wahid, M. and Siddique, K. H. M. (2012) Drought stress in plants: An overview. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Fathi, A. and Barari Tari, D. (2016) Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10: 1-6.

Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J. and Aranda, M. (2013) Variation in antioxidant capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Will) subjected to drought stress. Industrial Crops and Products 46: 341-349.


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

Fuentes, F. F., Bazile, D., Bhargava, A. and Martinez, E. A. (2012) Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. Journal of Agricultural Science 150: 702-716.

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H. and Farmanbar, E. (2013) Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil and Tillage Research 126: 193-202.

Gonzalez, J. A., Gallardo, M., Hilal, M., Rosa, M. and Prado, F. E. (2009) Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: Dry matter partitioning. Botanical Studies 50: 35-42.

Ge, T. D., Sun, N. B., Bai, L. P., Tong, C. L. and Sui, F. G. (2012) Effects of drought stress on phosphorus and potassium uptake dynamics in summer maize (*Zea mays*) throughout the growth cycle. Acta Physiologiae Plantarum 34: 2179-2186.

Gupta, A. K. and Kaur, N. (2005) Sugar signalling and gene expression in relation to carbohydrate metabolism under abiotic stresses in plants. Journal of Biosciences 30: 761-776.

Herman, M. C. and Lal, R. (2012) Inorganic fertilizer vs. cattle manure as nitrogen sources for maize (*Zea mays* L.) in Kakamega, Kenya. Journal of Undergraduate Research at Ohio State 2: 14-22.

Hinojosa, L., Kumar, N., Gill, K. S. and Murphy, K. M. (2019) Spectral reflectance indices and physiological parameters in Quinoa under contrasting irrigation regimes. Crop Science 5: 1927-1937.

Hirich, A., Choukr-Allah, R. and Jacobsen, S. E. (2014) Deficit irrigation and organic compost improve growth and yield of quinoa and pea. Journal of Agronomy and Crop Science 200: 390-398.

Joghan, A. K., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., Gholamhoseini, M. and Dolatabadian, A. (2010) Comparison among different integrated nutrition management for soil micro and macro elements after winter wheat harvesting and yield. Notulae Scientia Biologicae 2: 107-111.

Jones Jr., J. B. (2001) Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, New York.

Kaur, S. (2016) Development and organoleptic evaluation of gluten free bakery products using quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. PhD Thesis, Punjab Agricultural University, Ludhiana.

Karami, S., Hadi, H., Tajbaksh, M. and Modarres-Sanavy, S. A. M. (2020) Effect of zeolite on nitrogen use efficiency and physiological and biomass traits of Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) under water-deficit stress conditions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 20: 1427-1441.

Kenyangi, A. and Blok, W. (2012) Vermicompost as a component in potting mixes for growth promotion in ornamental plants. Rwanda Journal 28: 53-63.

Kodwo, M. (2007) Extraction and identification of plant growth hormones from recycled waste materials and their effect on growth and yield of maize. Institute for Environmental and Sanitation Studies, University of Ghana.

Malekian, A., Valizadeh, E., Dastoori, M., Samadi, S. and Bayat, V. (2012) Soil water retention and maize (*Zea mays* L.) growth as effected by different amounts of Pumice. Australian Journal of Crop Sciences 6: 450-454.

Naderi, R. and Ghadiri, H. (2013) Nitrogen, manure and municipal compost effect on yield and photosynthetic characteristic of corn under weedy condition. Journal of Biological and Environmental Sciences 7: 141-151.

Nakhli, S. A., Delkash, M., Bakhshayesh, B. E. and Kazemian, H. (2017) Application of zeolites for sustainable agriculture: A review on water and nutrient retention. Water, Air, and Soil Pollution 228: 1-34.

Nargesi alipour, N., Akhzari, D. and Fattahi, B. (2017) Interaction zeolite and compost on soil characteristics and performance of vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.). Journal of Plant Ecosystem Conservation 4: 151-164.

Nguyen, T. T., Fuentes, S. and Marschner, P. (2012) Effects of compost on water availability and gas exchange in tomato during drought and recovery. Plant Soil Environment 58: 495-502.

Novozamsky, I., Eck, R. V., Schouwenburg, J. C. and Walinga, I. (1974) Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Netherlands Journal of Agricultural Science 22: 3-5.

Nozari, R., Tohidi Moghadam, H. R. and Zahedi, H. (2013) Effect of cattle manure and zeolite applications on physiological and biochemical changes in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] grown under water deficit stress. Revista Cientifica UDO 76 Agricola 13: 76-84.

Pan, S., Rasu, F., Li, W., Tian, H., Mo, Z., Duan, M. and Tang, X. (2013) Roles of plant growth regulators on yield, grain qualities and antioxidant enzyme activities in super hybrid rice (*Oryza sativa* L.). Rice 6: 54-63.

Parida, A. K., Dagaonkar, V. S., Phalak, M. S., Umalkar, G. V. and Aurangabadkar, L. P. (2007) Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. Plant Biotechnology Reports 1: 37-48.

Ruiz, K., Biondi, S., Oses, R., Acuna-Rodriguez, I. and Antognoni, F. (2014) Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag / EDP Sciences / INRA 34: 349-359.

Shabala, S., Hariadi, Y. and Jacobsen, S. E. (2013) Genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem $Na^+$ loading and stomatal density. Journal of Plant Physiology 170: 906-14.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

Sepaskhah, A. R. and Barzegar, M. (2010) Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environment. Agricultural Water Management 98: 38-44.

Soudejani, H. T., Kazemian, H., Inglezakis, V. J. and Zorpas, A. A. (2019) Application of zeolites in organic waste composting: A review. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 22: 101396.

Yi, L., Shenjiao, Y., Shiqing, L., Xinping, C. and Fang, C. (2010) Growth and development of maize (*Zea mays* L.) in response to different field water management practices: Resource capture and use efficiency. Agricultural and Forest Meteorology 150: 606-613.

Zare, A., Shahhosseini, R., Bahrami, H., Ghovahi, M. and Askary Kelestanie, A. R. (2013) Evaluation the effect of nitroxin and super absorbent on yield components of chickpea in dry farm. International Journal of Agronomy and Plant Production 4: 2033-2038.

Zheng, J., Chen, T., Chi, D., Xia, G., Wu, Q., Liu, G., Chen, W., Meng, W., Chen, Y. and Siddique, K. H. (2019) Influence of zeolite and phosphorus applications on water use, P uptake and yield in rice under different irrigation managements. Agronomy 9: 537.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]

# Study of the effect of different irrigation regimes and application of zeolite enriched compost on yield and some physiological traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)

**Saeed Hazrati [1 *], Bahman Teymourloui [1], Amir Reza Sadeghi Bakhtouri [1] and Farhad Habibzadeh [2]**

**[1] Department of Agriculture and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz**

**[2] Department of Plant Genetics and Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin**

**(Received: 07/03/2021, Accepted: 26/06/2021)**

**Abstract**

Water stress is one of the most important environmental stresses that reduces the growth and yield of crops. Organic fertilizers such as compost and mineral compounds such as zeolite can reduce the negative impacts of water stress on plants. The aim of this study was to investigate the effect of irrigation levels (irrigation after depletion of 25, 50 and 75% of field capacity (FC)) and compost treatments (control, 4 ton $ha^{-1}$, 8 ton $ha^{-1}$, 4 ton $ha^{-1}$ compost +10 ton $ha^{-1}$zeolite and 8 ton $ha^{-1}$ compost +10 ton $ha^{-1}$ zeolite) on yield and some physiological traits of quinoa. This study was done in three replications and split plot experiment based on a randomized complete block design at the research farm of Azarbijan shahid Madany University in 2019. In this study, water stress reduced seed yield, and minimum seed yield was obtained in irrigation after depleting 75% of FC (2024 kg $ha^{-1}$), which was 29.8% less than the control. This reduction was partly due to a decrease in the 1000-seed weight. Among enriched compost with zeolite treatments, application of 8 ton $ha^{-1}$compost, application of 4 ton $ha^{-1}$compost + 10 ton $ha^{-1}$ zeolite and application of 8 ton $ha^{-1}$ compost + 10 ton $ha^{-1}$ zeolite had a significant effect and increased this trait by 28.9, 36.2 and 32.9%, respectively. Enriched compost with zeolite increased grain yield by increasing the number and weight of seeds. Due to the economic importance of grain yield and quality characteristics as well as overall plant growth, application of 4 ton $ha^{-1}$compost + 10 ton $ha^{-1}$ zeolite can optimally increase grain yield in both low water and full irrigation conditions.

**Keywords:** Grain yield, Nutrients, Organic matter, Water deficit

Corresponding author, Email: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.5.1 ]