نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار ۹۹
۱۲۵-۱٤٦
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2020.17703.2305

# اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عمکرد دانه گیاه کینوا (*Chenopodium Quinoa* L.) در خاک‌های شور و غیر شور

**مهدی امیریوسفی[۱]، محمودرضا تدین[۲]* و رحیم ابراهیمی[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۳]استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱٦ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۳۱

**چکیده**

**سابقه و هدف:** خشک‌سالی‌های ممتد و کمبود منابع آبی و در پی آن شوری منابع آب و خاک، تولید برخی از گیاهان زراعی و باغی مرسوم به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک کشور را با محدودیت‌های زیادی مواجه کرده است. از این‌رو، معرفی گیاهان جدید و با پتانسیل عملکرد بالا که هم از نظر زراعی در خاک های شور از رشد مناسبی برخوردار بوده و آستانه کاهش عملکرد دانه آن‌ها بالا و هم محصول تولیدی از کیفیت بالایی برخوردار باشد در ایران مورد توجه قرار گرفته است. کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd.، گیاهی یکساله و با خاستگاه آمریکای لاتین است که با وجود ارزش غذایی بالا، در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیر زیستی متحمل است و قابلیت رشد در زمین‌های حاشیه‌ای را دارد . اگرچه حاصلخیزی کم زمین‌های شور به مقادیر زیاد نمک‌ها نسبت داده می‌شود، اما کاهش ماده آلی و فراهمی عناصر غذایی ضروری به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز از عوامل اصلی کاهش حاصلخیزی خاک‌های شور است. بنابراین، جهت افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، روش‌های مصرف کود باید به گونه‌ای تغییر کند که مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول مدتی طولانی و بدون تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد. مطالعات اندکی درباره تاثیر کاربرد توام کودهای زیستی بر عملکرد و ویژگی های فیزیولوژیک گیاه کینوا در شرایط تنش شوری صورت گرفته است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش مطالعه مقایسه ای تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه کینوا در خاک شور و غیر شور بوده است.

**مواد و روش‌ها:** به منظور مقایسه و بررسی اثر خاک‌های شیرین (غیر شور) و شور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه کینوا تحت تیمارهای ساده و تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی، پژوهشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو مزرعه مجزا در شمال شرق شهر اصفهان اجرا گردید. شوری در دو سطح، شامل خاک غیر شور (EC = 2.91 dS/m) و خاک شور (EC = 6.2 dS/m) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب کودهای زیستی در چهار سطح شاهد (بدون کود زیستی)، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر و کودهای شیمیایی در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد و مقادیر کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، کربوهیدرات کل، پروتئین محلول، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در کینوا تحت تیمارهای مذکور مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند.

*نویسنده مسئول: mrtadayon@yahoo.com

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که در تیمارهای کاربرد مجزای هر یک از کودهای زیستی، شوری خاک در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی موجب کاهش معنی‌دار صفات کلروفیل کل، کربوهیدرات کل، پروتئین محلول و شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمارهای مشابه کود زیستی در خاک غیر شور گردید، اما تلفیق کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر تحت شرایط کاربرد کودهای شیمیایی در خاک شور صفات مذکور را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی در خاک غیر شور) صفات مذکور را به‌ترتیب حدود ۹٤، ۸۹ و ۳۲ درصد افزایش داد. از طرفی، میزان کاروتنوئیدهای گیاه که به عنوان نوعی مکانسیم دفاعی در پاسخ به تنش اسمزی از طریق اتلاف انرژی نوری بالا و حذف اکسیژن‌های فعال، توان مقابله با وضعیت تنش را افزایش می‌دهند، در خاک شور حدود ۳ برابر بیشتر از خاک غیر شور بود. حداکثر عملکرد زیستی در خاک غیر شور نیز حدود ۱۰ درصد بیشتر از خاک شور بود که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود. این نتایج در مجموع نشان‌دهنده مقاومت بالای گیاه کینوا به شرایط تنش شدید اسمزی است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که با وجود شوری خاک گیاه کینوا نه تنها توانست دوره رشد خود را کامل کند و بذر تولید نماید، بلکه تحت تیمار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی حداکثر عملکرد دانه کینوا در خاک غیر شور حدود ۱۲ درصد از خاک شور بیشتر بود. با توجه به وسعت اراضی تحت تنش شوری و با در نظر گرفتن روند خشک‌سالی، افزایش جمعیت و تخریب منابع آب و خاک کشور، مطالعه جامع در خصوص گیاهان مقاوم به شرایط نامساعد محیطی دارای جایگاه ویژه‌ای است. به طور کلی در نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داده شد که شوری باعث ایجاد آثار افزایشی یا کاهشی معنی‌داری بر عملکرد رشد و صفات بیوشیمیایی کینوا گردیده است و از آنجایی که تحمل و سازگاری گیاه به تنش شوری تابعی از فعالیت یک صفت گیاهی نیست، بلکه برآیندی از عملکرد صفات متفاوت گیاهی است. به نظر می‌رسد اثرات سوء سدیم و کلر، کاهش پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب در محیط ریشه و ساقه تغییر اساسی در سیستم رشد گیاه کینوا به‌وجود نیاورده است. این مسئله به اهمیت استفاده از این گیاه به عنوان یک گیاه امیدبخش با پتانسیل عملکرد بالا که هم از نظر زراعی در خاک شور عملکرد مناسبی داشته و هم محصول تولیدی آن از کیفیت بالایی برخوردارست، برای کشت در مناطق با حاصلخیزی کم و دارای شرایط تنش قابل توصیه است. همچنین، استفاده از کودهای زیستی، به عنوان تامین کننده و تسهیل کننده بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را می‌توان، به عنوان راهکاری کاربردی جهت کاهش اثرات تنش‌های محیطی و مصرف بهینه و متعادل کودهای شیمیایی در زراعت کینوا در راستای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار معرفی کرد.

***واژه‌های کلیدی:*** تنش شوری، فسفر، نیتروژن، کاروتنوئیدها، کینوا.

## مقدمه

با توجه به شرایط خشک‌سالی‌های ممتد در کشور و کمبود منابع آبی و در پی آن شوری منابع آب و خاک، تولید برخی از گیاهان زراعی و باغی مرسوم به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک کشور با محدودیت‌های زیادی مواجه است و این موضوع موجب کاهش عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی در این مناطق شده است. از این‌رو، معرفی گیاهان جدید و با پتانسیل عملکرد بالا که هم از نظر زراعی در خاک شور از رشد مناسبی برخوردار بوده و آستانه کاهش عملکرد دانه آن‌ها بالا و هم محصول تولیدی، از کیفیت بالایی برخوردار باشد در دستور کار وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته است (۱۷). کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd، گیاهی یکساله و با خاستگاه آمریکای لاتین است. گزارش شده است این گیاه با وجود ارزش غذایی بالا، تحمل زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیر زیستی از خود نشان داده است و قابلیت رشد در زمین‌های حاشیه‌ای

را دارد (۲۷). در برخی منابع گزارش شده است که گیاه کینوا به دلیل ارزش غذایی بالا (۱۸)، تحمل نسبتا بالای به تنش‌های خشکی و شوری (۱)، تنوع ژنتیکی بالا و تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف (٦)، کارایی بالای استفاده از منابع (۲۷)، می‌تواند گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب محدود و خاک‌های بسیار شور باشد. مجموع این عوامل سبب شده که توسعه کینوا به عنوان یک گیاه مناسب در راستای دستیابی به اهداف جهانی کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد به نحوی که سطح زیر کشت جهانی این گیاه از ۳٦ هزار هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۲۰۰ هزار هکتار در سال ۲۰۱۷ رسیده است (۲۲).

آدولف و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که گیاه کینوا در شرایط تنش شدید شوری به جای اینکه بیشتر آسیمیلات تولید شده در فتوسنتز (نظیر قندها و پروتئین‌های محلول) را به فرآیندهای رشدی (رویشی و زایشی) خود تخصیص دهد، قسمت بیشتر این مواد را صرف تنظیم فشار اسمزی سلول‌های خود می‌کند و از این طریق اثرات شوری را تعدیل می‌بخشد (۱). تولید بیشتر هورمون‌های کنترل‌کننده رشد از جمله آبسیزیک اسید و سیتوکنین توسط ریشه‌ها و فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز و پراکسیداز، از دیگر روش‌های خود تنظیمی در گیاه کینوا جهت کاهش اثرات تنش شدید شوری هستند (۱۸). از طرفی، گزارش شده است که کینوا در شرایط تنش شدید اسمزی ناشی از شوری خاک دچار خشکی فیزیولوژیک می‌شود، کینوا در شرایط تنش شدید اسمزی به منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله کربوهیدرات‌های محلول و پرولین پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر، گیاه کینوا در شرایط تنش محیطی به‌وسیله فرایند تنظیم اسمزی اثرات شوری را کاهش می‌دهد (۲۵). در آزمایشی با بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و آب آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های برگ کینوا نشان داده شد که افزایش آب آبیاری منجر به افزایش طول برگ، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل برگ شد ولی سطح برگ و تعداد برگ کاهش یافت. از طرفی، افزایش شوری منجر به کاهش تعداد برگ، سطح برگ، طول برگ و محتوای نسبی آب برگ کینوا شد ولی بر کلروفیل این گیاه اثر معنی‌داری نداشت (۱۲). در پژوهشی دیگر با مقایسه عملکرد گیاه کینوا در دو خاک شور (EC= 9.8 dS/m) و غیر شور (EC = 2.11 dS/m) گزارش شد که شوری خاک از طریق کاهش دادن شاخص سطح برگ، موجب کاهش میزان فتوسنتز در کینوا شده و عملکرد این گیاه را حدود ۵۸ درصد کاهش داده است (۱۸). ماسکولا و همکاران (۲۰۱٦) با بررسی سطوح مختلف شوری و خشکی (پتانسیل اسمزی) بر ویژگی‌های فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه کینوا نشان دادند که در شرایط تنش شدید اسمزی (-1.5 MPa)، میزان کلروفیل در این گیاه کاهش یافته است و این امر را مبین تخریب کلروپلاست در سطوح بالای شوری دانسته‌اند (۲۵).

اگرچه حاصلخیزی کم زمین‌های شور به مقادیر زیاد نمک‌ها نسبت داده می شود (۲۸)، اما کاهش ماده آلی و فراهمی عناصر غذایی ضروری به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز از عوامل اصلی کاهش حاصلخیزی خاک های شور است، به طوری که نگرانی‌ها در مورد خطرات شوری و کاهش کیفیت اکوسیستم‌های کشاورزی موجب توسعه عملیات مدیریتی جهت حفظ ذخایر و حاصلخیزی خاک شده است (۲٦). از طرفی اگر آب به کار رفته از طریق آبیاری، کمتر از مقدار نیاز آبی گیاه زراعی باشد یا اگر گیاه به واسطه شور بودن خاک دچار خشکی فیزیولوژیک شود، استفاده نا مناسب از کودهای شیمیایی باعث هدر رفت کود، افزایش شوری خاک و افزایش آلودگی

آب‌های زیرزمینی می‌شود (۲۶). این در حالی است که با توجه به عدم توانایی اکثر خاک‌های زراعی کشور، در تأمین کامل عناصر غذایی برای گیاهان، میزان مصرف کودهای شیمیایی در ایران بسیار بالاتر از میانگین جهانی است (۳۱).

به‌دلیل ظرفیت بالای برخی خاک‌ها برای تثبیت فسفر، تحرک آن در خاک در مقایسه با سایر عناصر بسیار کم است و زمانی که کود فسفر به خاک افزوده می‌شود، بخشی از آن باعث افزایش فسفر محلول و مابقی رسوب می‌کند و با قدرت زیاد در خاک تثبیت می‌شود که به آسانی با فسفر محلول به تعادل نمی‌رسد به نحوی که در مجموع در خاک‌های آهکی رسوب فسفر به صورت فسفات کلسیم، عامل اصلی کاهش قابلیت جذب فسفر در خاک به شمار می‌رود (۳۰). استفاده از کودهای زیستی حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن، از جمله روش‌های عملیات زراعی است که می‌تواند به جذب بهینه عناصر غذایی توسط گیاه کمک کند و موجب کاهش شوری خاک و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی شود. (۳۲). مزیت مهم استفاده از کودهای زیستی این است که این ریزجانداران در محلول سازی فسفر از کمپلکس‌های فسفات کلسیم نقش دارند و تنها بخش کوچکی از فسفر را از ترکیبات فسفات آهن و فسفات آلومینیوم آزاد می‌سازند. از این رو، ریزجانداران نقش مؤثری در جذب عناصر غذایی خاک توسط گیاهان دارد. علاوه بر افزایش جذب عناصر غذایی، تولید پیش‌ماده هورمون‌های گیاهی به وسیله ریزجانداران در ریزوسفر گیاه، توان کنترل پاتوژن‌های گیاهی، قدرت حل‌کنندگی فسفات و تولید سیدروفور از جمله مکانیسم‌های افزایش رشد و عملکرد در گیاهان توسط کودهای زیستی در دراز مدت محسوب می‌شوند (۲). کودهای زیستی، شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده که طی فرآیندهای بیولوژیکی، عناصر غذایی اصلی را از شکل غیرقابل دسترس به شکل قابل دسترس گیاه تبدیل نموده و منجر به جوانه‌زنی بهتر بذر و توسعه سامانه ریشه‌ای گیاه می‌گردند (۳۲). کود زیستی نیتروکسین از طریق بهبود مواد آلی و فعالیت زیستی خاک و عرضه عناصر غذایی، موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌گردد (۳۰). کود زیستی بیوفسفر نیز با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند (۲).

بنا به گزارش گوما (۲۰۱۳) کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و موجب افزایش معنی دار تعداد دانه در خوشه و وزن هزرار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در گیاه کینوا شده، اما کاربرد تلفیقی کودهای زیستی بدون استفاده از کودهای شیمیایی تنها موجب افزایش معنی‌دار صفات رویشی کینوا از جمله ارتفاع بوته و تعداد برگ‌ها در بوته شده است (۱٤). همچنین، گزارش شده که کاربرد منابع کودی مختلف نیتروژن و فسفر (شیمیایی و آلی) به دلیل نقش اساسی که این عناصر در فرایندهای فتوسنتزی، ساخت پروتیئن‌ها و تولید کربوهیدرات‌ها ایفا می‌کنند، موجب افزایش عملکرد در گیاه کینوا می‌شود (۱۲). به طور کلی، گزارش شده که استفاده از کودهای زیستی با مکانیسم‌های متعددی از جمله تثبیت نیتروژن، کمک به آزاد شدن و فراهمی عناصر غذایی در خاک، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، افزایش کارایی جذب ریشه و اثرات آنتاگونیستی بر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، موجب تعدیل تنش اسمزی بر گیاهان زراعی می‌شود (۱۰). اما مطالعات اندکی درباره تاثیر کاربرد توام کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه کینوا در شرایط تنش

شوری صورت گرفته است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش مطالعه تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه کینوا در خاک‌های شور و غیر شور بوده است.

## مواد و روش ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و به منظور مقایسه و بررسی اثر خاک‌های شور و غیر شور بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژی گیاه کینوا (رقم *Titcaca*) تحت تیمارهای ساده و تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی، در دو منطقه مجزا در منطقه دستگرد (برخوار) اصفهان انجام شد. رقم *Titcaca* یکی از ۱۸۰ رقم گیاه کینوا می‌باشد که دارایی طیف رنگی بالایی است. این رقم زودرس (طول دوره رشد ۱۱۰-۹۰ روز) و غیر حساس به فتوپریود می‌باشد. دمای پایه آن برای جوانه‌زنی آن صفر درجه سانتی‌گراد گزارش شده است و بعد از مرحله جوانه‌زنی دمای پایه ۱ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب ۲۲ درجه سانتی‌گراد است (۲۷). رقم *Titcaca* حساس به سرما بوده و دمای ۵- و ٦- درجه سانتی‌گراد سبب بروز تنش یخزدگی در آن می‌شود (٦). دانه‌های بذر این رقم پس از محصول دادن به رنگ کرم تا نارنجی مشاهده می‌شود و بعد از فرآوری در کارخانه تماماً به رنگ سفید در می‌آید (۲۷).

منطقه دستگرد در حدود ۱۵ کیلومتری شمال شهر اصفهان، قرار دارد. هر دو مزرعه بر اساس سامانه طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای اقلیم بیابانی با تابستان بسیار گرم و باارتفاع از سطح دریا به ترتیب حدود ۱۵۷۲ و ۱۵۸۷ متر هستند. مختصات جغرافیایی مزرعه‌های شور و غیر شور به ترتیب ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه و ۵۱ درجه و ٤۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن‌ها به ترتیب ۳۲ درجه و ٤۸ دقیقه و ۳۲ درجه و ٤۹ دقیقه است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک هر دو مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. پژوهش حاضر به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. شوری در دو سطح، شامل خاک غیر شور ( هدایت الکتریکی معادل ۲/۹۱ دسی‌زیمنس بر متر) و خاک شور (هدایت الکتریکی معادل ٦/۲ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب کودهای زیستی در چهار سطح شاهد (بدون کود زیستی)، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر و کودهای شیمیایی در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کود زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باکتری‌های محرک رشد و کود زیستی بیوفسفر شامل دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های باسیلوس و سودوموناس با جمعیت $10^8$ عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک)، از شرکت زیست فناوری فرزانگان خریداری شده و بر اساس توصیه شرکت سازنده (مصرف یک لیتر در هکتار)، هنگام کشت به صورت بذرمال مصرف گردیدند. بر مبنای نتایج آزمون خاک و توصیه کودی توسط آزمایشگاه (جدول ۱)، تیمارهای کود شیمیایی به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۷۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار اعمال شدند. لازم به ذکر است که تمامی کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل و ۵۰ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت به زمین اضافه شد. ۵۰ درصد باقی‌مانده کود نیتروژنه نیز قبل از گلدهی به کار رفت (۱۳). همچنین، جهت سنجش دقیق اثر عناصر غذایی مورد آزمایش، قبل از کاشت به همه کرت‌ها بر اساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه، سایر عناصر و کودهای توصیه شده شامل:

۱- عنصر روی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کودی سولفات روی ۲- معادل ۲۰ تن در هکتار کود گاوی کاملا پوسیده شده اضافه شد.

**جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع غیر شور و شور.**

Table 1- Physical and chemical properties of non-saline and saline field soils.

| | عمق نمونه (سانتی‌متر) Sampling depth (cm) | بافت خاک Soil Texture | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m) | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available $K^+$ ($mg.kg^{-1}$) | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P ($mg.kg^{-1}$) | نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک غیر شور Non-saline Soil | 0-30 | لوم شنی Sandy Loam | 7.4 | 2.91 | 121 | 9.3 | 0.12 |
| خاک شور Saline Soil | 0-30 | لوم رسی سیلتی Silt Clay Loam | 7.8 | 6.2 | 335 | 6.7 | 0.08 |

ابعاد کرت‌ها در این پژوهش ۱/۸×٦ متر، فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها (تکرارها) ۲ متر در نظر گرفته شد و هر یک از کرت شامل ٦ خط کاشت به طول ٦ متر بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه به روش خشکه‌کاری و با دست انجام شد. بذرها در هر خط کاشت با فاصله حدود ۱۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر در عمق تقریبی ۲-۱ سانتی‌متر کشت گردیدند به نحوی که تراکم بوته ای معادل ۳۳ بوته در مترمربع ایجاد شد(٦).

خطوط ۱ و ٦ و نیم متر از هر طرف به عنوان حاشیه، خطوط ۲ و ۳ جهت سطح نمونه‌برداری و خطوط ٤ و ۵ به مساحت ۵ مترمربع جهت سطح برداشت در نظر گرفته شد. به منظور سنجش حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گل‌دهی پس از حذف یک متر حاشیه از بالا و پایین هر خط کشت ۳ بوته به طور تصادفی جدا و با عکس‌برداری و استفاده از نرم افزار Image Processor نسخه ۳/۰ مساحت برگ‌ها اندازه‌گیری و شاخص سطح برگ که بیان کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است، از نسبت سطح برگ هر بوته به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده است محاسبه شد (۷). شاخص‌های بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده نیز شامل میزان کلروفیل کل، کارتنوئیدها، کربوهیدارت کل و محتوی پروتئین محلول موجود در نمونه‌های برگی بودند. جهت تعیین میزان رنگ دانه‌های کلروفیل و کارتنوئید موجود در برگ از روش آرنون (۱۹۹٤) استفاده شد. بر اساس این روش یک گرم از برگ تازه هر نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون ساییده شد، سپس نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به تیوب های با حجم یک میلی‌لیتر منتقل گردید. پس از آن مقداری از نمونه داخل تیوب در کووت اسپکتروفتومتر ریخته شد و مقدار جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج‌های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a، ٦٤۵ نانومتر برای کلروفیل b و ٤۷۰ نانومتر برای کارتنوئید ثبت گردید. در نهایت با

استفاده از معادلات زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645) \; V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663) \; V/100W$$

$$\text{Total Chlorophyll} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b}$$

$$\text{Carotenoids} = 100\,(A470) - 3.27\,(\text{mg chl. a}) - 104\,(\text{mg chl. b}) / 227$$

همچنین، جهت تعیین درصد پروتئین موجود در نمونه‌های برگی دو رقم کینوا مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از دستگاه کجلدال مدل گرهارت (Gerhardt) ساخت آلمان، مطابق معادله زیر درصد نیتروژن موجود در نمونه‌ها محاسبه شد (٦).

درصد نیتروژن = {(١/٤٠٠٨ × نرمالیته اسید مصرفی × $(V_s - V_b)$} / وزن نمونه

$V_s$ در معادله فوق نشان‌دهنده مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه (اسید کلریدریک ٠/١ نرمال) و $V_b$ بیانگر مقدار اسید کلریدریک ٠/١ نرمال مصرفی برای تیتراسیون نمونه شاهد می‌باشد. در نهایت درصد پروتئین با استفاده از ضریب ٦/٢٥ و براساس معادله‌ی زیر محاسبه گردید (٨).

درصد پروتئین = درصد نیتروژن × ٦/٢٥

اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول در برگ نیز با استفاده از اتانول ٩٥ درصد و براساس روش اسید سولفوریک انجام شد (٥). همچنین، به منظور اندازه‌گیری زیست توده‌ی کل (عملکرد بیولوژیک) و عملکرد دانه، بوته‌های موجود در هرکرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای در ٥ مترمربع به صورت جداگانه کف بر شده و برداشت گردیدند. سپس با وزن کردن کل نمونه، عملکرد بیولوژیک تعیین شد. پس از آن دانه‌ها را از کاه و کلش جدا کرده و عملکرد دانه از مساحت برداشت شده محاسبه شد. در انتها از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به صورت درصد تعیین شد.

برای آنالیز داده ها، با در نظر گرفتن هر یک از سطوح شوری به عنوان مکانی جداگانه، داده‌ها در محیط نرم‌افزار SAS نسخه ٩/١ با استفاده از رویه GLM مورد آنالیز واریانس مرکب (در مکان) قرار گرفته و میانگین‌ها به وسیله آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد مقایسه شدند. به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) در نرم‌افزار SPSS نسخه ١٦ استفاده شد. هنگام بررسی نرمال بودن داده‌ها فرض صفر مبتنی بر اینکه توزیع داده‌ها نرمال است در سطح خطای ٥ درصد تست شد. آماره آزمون بزرگتر مساوی ٠/٠٥ بدست آمد، در این صورت دلیلی برای رد فرض صفر مبتنی بر اینکه داده نرمال است، وجود نداشت. به عبارت دیگر، می‌توان داده‌ها را با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد. برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده گردید.

## نتایج و بحث

**صفات بیوشیمیایی (کلروفیل کل- کاروتنوئیدها- پروتئین محلول- کربوهیدرات کل)**: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان کلروفیل کل، کاروتنوئیدها و پروتئین محلول در کینوا تحت تاثیر شوری خاک، کود زیستی و کود شیمیایی قرار گرفتند. به‌طوری که اثر ساده همچنین اثرات برهم‌کنش دوگانه و سه‌گانه این تیمارها بر صفات مذکور معنی‌دار شد. همچنین، اثرات ساده شوری خاک، کاربرد کودهای شیمیایی، کاربرد کودهای زیستی و اثر برهم‌کنش شوری خاک در کود شیمیایی بر میزان کربوهیدرات کل کینوا معنی‌دار شد (جدول ٢).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد

کودهای شیمیایی در هر دو خاک شور و غیر شور تحت تمامی سطوح کود زیستی، موجب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل کینوا نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی با تیمار کود زیستی مشابه شد (شکل a-۱). اما نکته قابل توجه این بود که شوری خاک در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی، تحت تمامی تیمارهای کود زیستی موجب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل کینوا نسبت به شرایط خاک غیر شور با تیمار کود زیستی مشابه شده است. در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی نیز شوری خاک به جز در تیمار کاربرد تلفیقی کودهای زیستی که با افزایش حدود ۳۰ درصدی نسبت به تیمار مشابه کود زیستی در خاک غیر شور همراه بود، در سایر تیمارهای کودی زیستی موجب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل نسبت به تیمارهای کودی مشابه شد (شکل a–۱). گنزالز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که مقدار کلروفیل در کینوا تحت سطوح بالای شوری کاهش یافته و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل نور جذب شده توسط گیاه می‌شود (۱۵).

هیانجیسو و همکاران (۲۰۱۸) با مطالعه مکانیسم‌های تحمل شوری در کینوا علت کاهش میزان کلروفیل کینوا در اثر تنش اسمزی را تخریب غشای تیلاکوئیدهای کلروپلاست، اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز گزارش کردند (۱۶). بسرا و همکاران (۲۰۱۴) در بیان علت افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل کینوا در اثر کاربرد کود شیمیایی نسبت به تیمار شاهد، گزارش کردند که نیتروژن برگ تحت تاثیر کود شیمیایی نیتروژن افزایش می‌یابد و این موضوع افزایش محتوای کلروفیل برگ را به همراه دارد (۶). به‌طور کلی، گزارش شده است که از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش اسمزی می‌تواند جنبه سازگاری داشته باشد، زیرا با کم شدن کلروفیل، الکترون برانگیخته شده طی فتوسنتز کاهش یافته و به دنبال آن خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد نیز کاهش می‌یابد (۴). به‌نحوی که کاهش میزان کلروفیل، تحت شرایط تنش‌های محیطی در سایر گیاهان متحمل به تنش‌های محیطی از جمله جو (*Hordeum vulgare*) نیز گزارش شده است (۱۱).

با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که شوری خاک در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی موجب افزایش میزان کاروتنوئیدها در کینوا نسبت به تیمارهای مشابه کود زیستی در خاک غیر شور شد. اما این موضوع (افزایش میزان کاروتنوئید در اثر شوری خاک) در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی تنها در تیمار عدم استفاده از کودهای زیستی معنی‌دار بود در حالی که استفاده از تمامی تیمارهای کود زیستی تحت شرایط کاربرد کودهای شیمیایی در خاک شور، موجب افزایش معنی‌دار میزان کارتنوئید در کینوا نسبت به تیمارهای مشابه کودی در خاک غیر شور شده است (شکل b–۱). به نحوی که در مجموع بیشترین میزان کاروتنوئید کینوا (۱/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در خاک شور و تحت شرایط کاربرد کودهای شیمیایی و استفاده تلفیقی از کودهای زیستی نیتروژن و فسفر مشاهده شد که این مقدار حدود ۳ برابر بیشتر از میزان کارتنوئید کینوا در خاک غیر شور تحت تیمار شاهد کودی (عدم کاربرد کودهای شیمیایی– عدم استفاده از کودهای زیستی) بود (شکل b–۱).

کاروتنوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان مؤثر در حفاظت از فرآیندهای فتوشیمیایی و پایداری آن‌ها نقش دارد. بنابراین، بالاتر بودن کاروتنوئیدها به گیاه امکان می‌دهد که تنش شوری را بهتر تحمل کند (۴). گزارش شده است که تنش اکسیداتیو ایجاد

شده تحت تاثیر تنش شوری در گیاه کینوا، توسط فعالیت کاروتنوئیدها در هر دو سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد. از طرفی، افزایش کاروتنوئیدها تحت سطوح متوسط و شدید تنش شوری در گیاه کینوا، به عنوان نوعی مکانسیم دفاعی در پاسخ به تنش اسمزی معرفی شده است که از طریق اتلاف انرژی نوری بالا و حذف اکسیژن‌های فعال، توان مقابله با وضعیت تنش را افزایش می‌دهد (۱). نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که تحت شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی در هر دو خاک شور و غیر شور، تیمار استفاده از کود زیستی نیتروکسین برای صفت مقدار کاروتنوئید کینوا در گروه بالاتر آماری قرار گرفت، در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی نیز ابتدا تیمار کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروژن و فسفر و پس از آن نیز تیمار کاربرد به تنهایی کود زیستی نیتروکسین بیشترین میزان کاروتنوئید را در هر دو خاک شور و غیر شور به خود اختصاص دادند (شکل b–۱). این یافته نشان می‌دهد که منابع کود نیتروژن بیشترین تاثیر را بر افزایش میزان کاروتنوئید در کینوا داشته‌اند. از آنجایی که هر مولکول کاروتنوئید یک زنجیره بلند هیدروکربنی اشباع نشده است، نیتروژن نقش اساسی در ساختار آن بازی می‌کند (٤)، به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر در خاک، از طریق افزایش جذب نیتروژن موجب افزایش میزان کاروتنوئید در کینوا شده است.

فاویی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مصرف کود شیمیایی نیتروژن به میزان توصیه شده در خاک باعث افزایش معنی‌دار میزان کاروتنوئید در گیاه کینوا شده است (۱۲). بسرا و همکاران (۲۰۱٤) نیز گزارش کردند که سطوح بالای کود شیمیایی نیتروژن (۱۰۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) از طریق افزایش نیتروژن برگ کینوا موجب افزایش میزان کاروتنوئید در این گیاه شده است (٦). از آنجایی که کودهای زیستی در طول دوره رشد از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش pH، نیتروژن بیشتری را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند. به‌طور کلی، کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی موجب فراهمی بهتر عناصر غذایی مختلف از جمله نیتروژن برای گیاه می‌شود و افزیش نیتروژن در گیاه باعث افزایش میزان کاروتنوئید می‌شود (۳۲).

در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی اختلاف معنی‌داری در میزان پروتئین کینوا تحت تیمارهای مشابه کودهای زیستی در خاک شور و غیر شور مشاهده نشد (شکل ۲). به عبارت دیگر، بر خلاف بسیاری از گیاهان زراعی از جمله گندم (*Triticum aestivum* L.) (۲) و کلزا (*Brassica napus* L.) (۲۳) که میزان پروتئین آن‌ها تحت تاثیر شوری خاک کاهش یافته است، در گیاه کینوا تحت شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی، شوری خاک موجب کاهش میزان پروتئین نگردیده است. از طرفی، حداکثر میزان پروتئین کینوا در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی و در تیمار تلفیق کودهای زیستی نیتروژن و فسفر حاصل شد و مقدار آن حدود ۲۳ درصد از تیمار کود زیستی مشابه در خاک غیر شور بیشتر بود، اما در سایر تیمارهای کود زیستی در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی، شوری خاک موجب کاهش معنی‌دار میزان پروتئین نسبت به شرایط مشابه در خاک غیر شور گردید (شکل ۳). گزارش شده است که افزایش غلظت نمک در محیط رشد گیاه کینوا سبب کاهش بیان یا ترجمه و بیوسنتز برخی از پروتئین‌ها در این گیاه می‌شود و افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده پروتئین‌ها را در پی دارد. همچنین، تنش شوری موجب افزایش بیان پروتئین‌های ۳۵ و ۲۵ کیلو دالتونی در کینوا می‌شود که احتمالا این پروتئین‌ها در ارتباط با سازگاری گیاهان نسبت به

تنش شوری هستند (۲۹). با افزودن کودهای شیمیایی در خاک، می‌توان کاهش عملکرد ناشی از شرایط شوری را تا حدی جبران کرد، اما از آن‌جایی که نشانه‌های آسیب دیدگی ناشی از وجود شوری در گیاه کینوا معمولا زمانی آشکار می‌شود که غلظت املاح محلول در خاک بسیار بالا باشد (۱)، کاربرد کودهای شیمیایی ممکن است موجب افزایش شوری در خاک شود. با بررسی تاثیر توام سطوح خشکی و شوری بر گیاه کینوا نشان داده شد که تنش‌های شدید محیطی سبب می‌شود تا از سنتز برخی از پروتئین ها در کینوا جلوگیری شود و در مقابل سنتز برخی دیگر از آن‌ها از جمله آنزیم‌های پروتئینی افزایش یابد ولی در مجموع میزان پروتئین محلول کل در در این گیاه کاهش می‌یابد (۱۵). همچنین، گزارش شده است که در هنگام بروز تنش اسمزی به منظور تولید اسیدهای آمینه برای تنظیم اسمزی سلول، پروتئین‌های موجود در کینوا به وسیله آنزیم پروتئاز هیدرولیز می‌شوند و همین امر سبب کاهش پروتئین محلول در این گیاه می‌شود (۱۶).

در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی شوری خاک اثر معنی‌داری بر میزان کربوهیدرات کل کینوا نداشت، اما در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی، شوری خاک موجب افزایش معنی‌دار میزان کربوهیدرات کل در کینوا شد. از طرفی، کاربرد کودهای شیمیایی در هر دو خاک شور و غیر شور موجب افزایش معنی‌دار میزان کربوهیدرات کل در مقایسه با تیمار شاهد کودهای شیمیایی (عدم کاربرد کوهای شیمیایی) با شرایط مشابه از نظر شوری خاک گردید. به نحوی که در مجموع کاربرد کودهای شیمیایی در خاک شور در بالاترین گروه آماری قرار گرفت و میزان کربوهیدرات کل در کینوا را حدود ۳۱ درصد در مقایسه با وضعیت مشابه شوری خاک در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی افزایش داد (شکل ۳). به دلیل نقشی که کربوهیدرات‌های محلول در حفظ و تعادل فشار اسمزی، ذخیره کربن و مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند افزایش قندهای محلول یکی از مهمترین مکانیسم‌های محافظتی کینوا در شرایط تنش اسمزی معرفی شده‌اند (۱). گزارش شده است که تنش شدید شوری موجب خشکی فیزیولوژیک و بسته شدن قسمتی از روزنه‌ها در گیاه کینوا می‌شود و در نتیجه تبادل دی اکسید کربن با محیط کاهش می‌یابد. در این شرایط (بسته شدن روزنه‌ها) میزان فتوسنتز در کینوا نسبت به مصرف آسمیلات‌ها کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (مواد فتوسنتزی با سرعت کمتری مورد مصرف قرار می‌گیرند) و بنابراین، کربوهیدرات‌های بیشتری در این گیاه تجمع پیدا می‌کنند (۲۰). از طرفی، در تنش شوری به دلیل تبدیل کربوهیدرات‌های نامحلول به محلول، سنتز قندهای محلول از مسیرهای غیر فتوسنتزی در کینوا افزایش می‌یابد (۱۶).

در مورد نحوه تاثیر کودهای شیمیایی بر میزان کربوهیدرات کینوا نیز گزارش شده است که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر موجب افزایش تعداد و طول ساقه‌ها در این گیاه شده و در پی آن تعداد برگ‌های موجود بر روی ساقه‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز و کربوهیدرات کل افزایش می‌یابد (۱۴). از طرفی، نیتروژن و فسفر با مشارکت در فرایندهای رشدی و تقسیم سلولی سبب گسترش سطح برگ شده و از طریق فعالیت های آنزیمی و شرکت در واکنش‌های تولید انرژی و ترکیبات چرخه کالوین موجب افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر کربوهیدرات‌های فتوسنتزی در کینوا می‌شوند (۱۲).

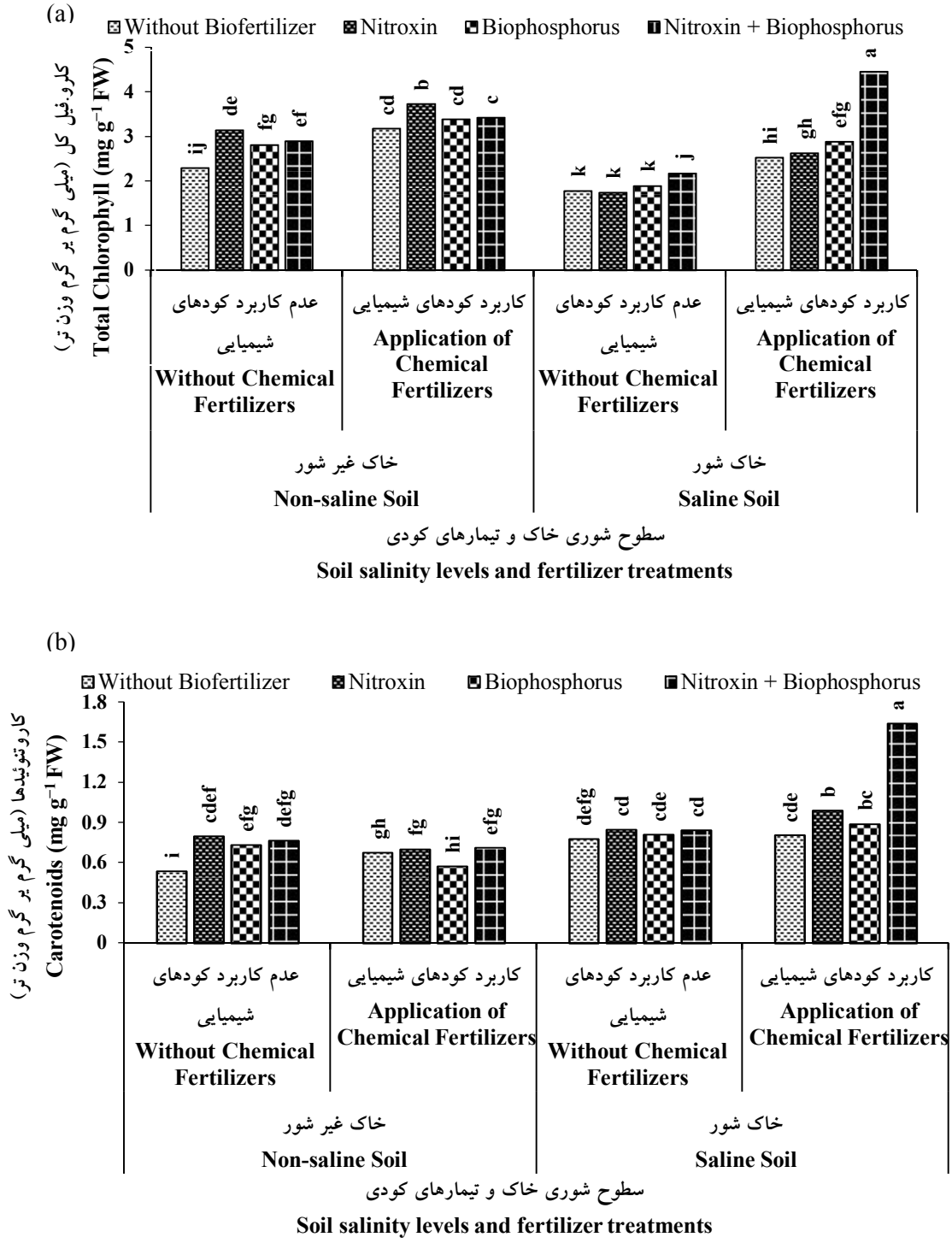
**جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات ) برخی صفات کینوا تحت سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در خاک شور و غیر شور.**

Table 2- Analysis of variance (mean squares) of some quinoa traits under different levels of biological and chemical fertilizers in saline and non-saline soils.

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | کلروفیل کل Total Chl | کاروتنوئیدها Carotenoids | پروتئین محلول Soluble Protein | کربوهیدرات کل Total Carbohydrates | شاخص سطح برگ Leaf Area Index | عملکرد دانه Grain Yield | عملکرد زیستی Biological Yield |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بلوک Block | 2 | 0.0056 $^{n.s}$ | 0.05 $^{**}$ | 1070.64 $^{**}$ | 109.15 $^{n.s}$ | 1.38 $^{**}$ | 298771.15 $^{**}$ | 2044537.21 $^{**}$ |
| شوری Soil Salinity (a) | 1 | 10.45 $^{**}$ | 0.14 $^{**}$ | 17938.62 $^{**}$ | 1808.72 $^{**}$ | 4.36 $^{**}$ | 388670.18 $^{**}$ | 18971591.14 $^{**}$ |
| خطای کرت اصلی Main error a | 2 | 1.77 | 0.13 | 8185.91 | 95.66 | 0.21 | 3148.07 | 3175336.55 |
| کود زیستی Bio Fertilizer (b) | 3 | 1.29 $^{**}$ | 0.19 $^{**}$ | 2939.91 $^{**}$ | 326.05 $^{**}$ | 1.58 $^{**}$ | 2384452.35 $^{**}$ | 5050513.81 $^{**}$ |
| کود شیمیایی Chemical Fertilizer (c) | 1 | 4.36 $^{**}$ | 0.83 $^{**}$ | 2716.37 $^{**}$ | 5072.76 $^{**}$ | 3.42 $^{**}$ | 3731363.41 $^{**}$ | 525169.93 $^{n.s}$ |
| شوری خاک × کود زیستی (a×b) | 3 | 0.29 $^{**}$ | 0.09 $^{**}$ | 1534.02 $^{**}$ | 89.24 $^{n.s}$ | 0.34 $^{**}$ | 157197.24 $^{*}$ | 134703.69 $^{n.s}$ |
| شوری خاک × کود شیمیایی (a×c) | 1 | 01.3 $^{**}$ | 0.27 $^{**}$ | 7.89 $^{n.s}$ | 1421.90 $^{**}$ | 0.0066 $^{n.s}$ | 25583.34 $^{n.s}$ | 1058389.59 $^{*}$ |
| کود زیستی × کود شیمیایی (b×c) | 3 | 1.01 $^{**}$ | 0.07 $^{**}$ | 637.95 $^{n.s}$ | 46.63 $^{n.s}$ | 0.22 $^{*}$ | 282208.75 $^{**}$ | 1255498.32 $^{**}$ |
| شوری خاک × کود زیستی × کود شیمیایی (a×b×c) | 3 | 0.49 $^{**}$ | 0.12 $^{**}$ | 1617.72 $^{**}$ | 72.48 $^{n.s}$ | 0.65 $^{**}$ | 54539.14 $^{n.s}$ | 575584.55 $^{n.s}$ |
| خطای باقیمانده Sub error b× c | 47 | 0.02 | 0.0037 | 251.39 | 71.49 | 0.06 | 39522.75 | 205135.68 |
| ضریب تغییرات ( درصد) CV (%) | - | 5.58 | 7.46 | 12.61 | 12.43 | 6.42 | 12.13 | 9.69 |

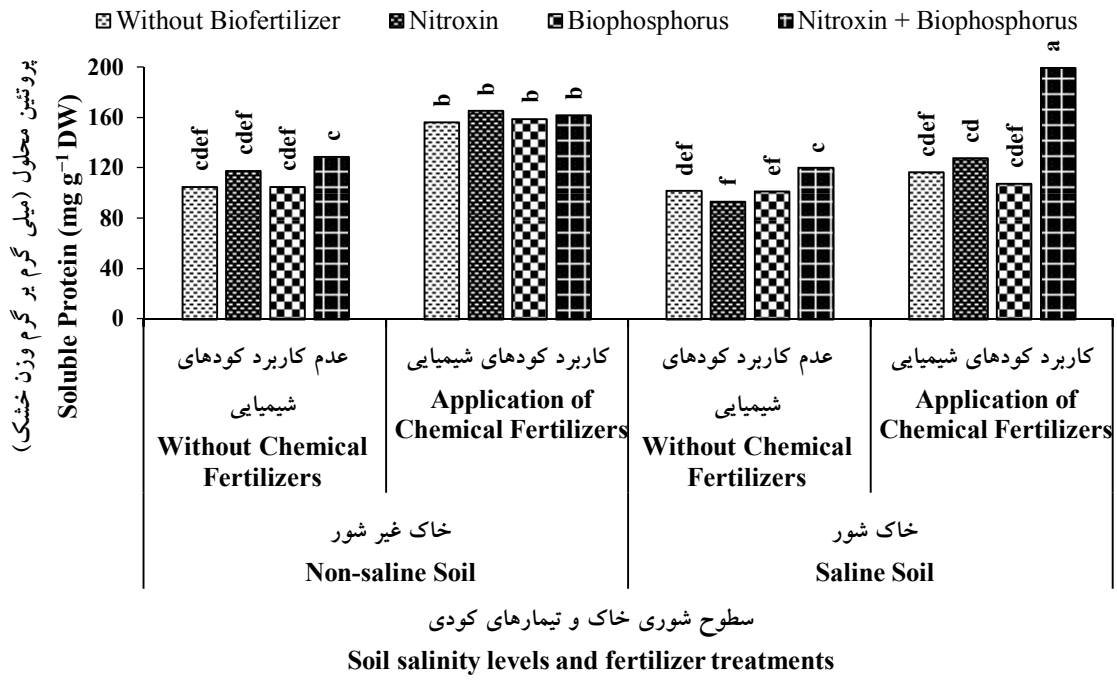
n.s، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns,* and **: not significant, significant at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$ respectively.



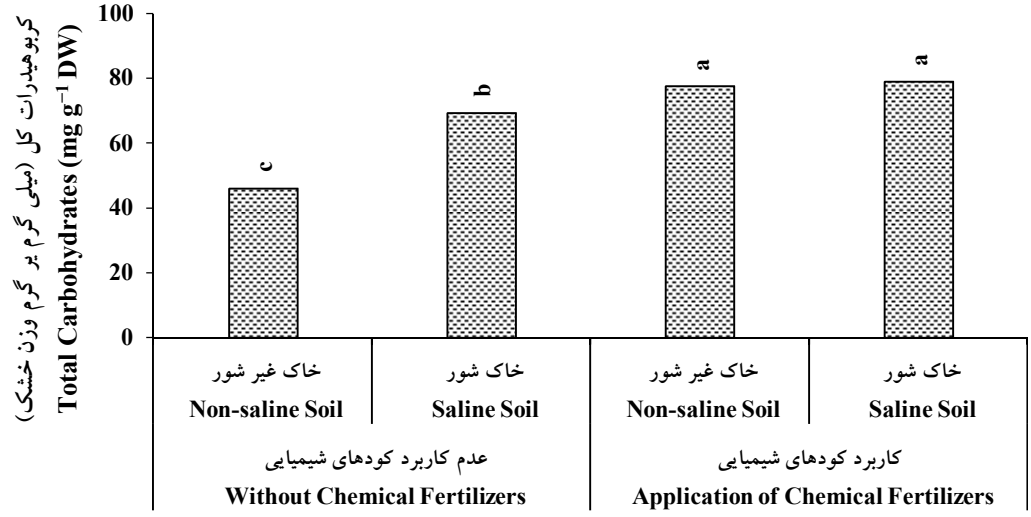

**شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش شوری خاک، تیمارهای کود زیستی و تیمارهای کود شیمیایی بر کلروفیل کل (a) و کاروتنوئیدها (b) در گیاه کینوا. در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.**

Figure 1- Mean comparisons for interaction effect of Soil Salinity, bio and chemical fertilizer treatments on total chlorophyll (a) and carotenoids (b) of quinoa. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using.




شکل ۲- مقایسه میانگین اثر برهمکنش شوری خاک، تیمارهای کود زیستی و تیمارهای کود شیمیایی بر پروتئین محلول کینوا. در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون **LSD** در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Figure 2- Mean comparisons for interaction effect of Soil Salinity, bio and chemical fertilizer treatments on soluble protein of quinoa. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using.




شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش شوری خاک در کود کود شیمیایی بر کربوهیدرات کل کینوا. در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون **LSD** در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Figure 3- Mean comparisons for interaction effect of soil salinity ×chemical fertilizer on total carbohydrates of quinoa. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using.

به‌طورکلی، مصرف کودهای زیستی به عنوان مکمل به دلیل فراهم کردن و رهاسازی آسان و سریع‌تر عناصر مورد نیاز در فتوسنتز، علاوه بر افزایش کارایی کودهای شیمیایی، موجب افزایش کربوهیدرات‌های محلول گیاهان می‌شوند (۳). گوما (۲۰۱۳) نشان داد که کاربرد توام کودهای شیمیایی و زیستی با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های خاک، شرایط ریزوسفر را برای رشد بوته‌ها بهبود می‌بخشد و این عوامل از طریق افزایش و تحریک رشد گیاه، منجر به افزایش میزان فتوسنتز و کربوهیدرات‌ها در کینوا می‌شوند (١٤).

**فیزیولوژی و عملکرد کینوا (شاخص سطح برگ- عملکرد دانه- عملکرد زیستی):** تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهم‌کنش شوری خاک در کود زیستی در کود شیمیایی بر شاخص سطح برگ کینوا معنی‌دار بود. همچنین، اثرات ساده شوری خاک، کود زیستی، کود شیمیایی، اثر برهم‌کنش کود زیستی در کود شیمیایی و اثر برهم‌کنش شوری خاک در کود زیستی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کینوا معنی‌دار بودند.

شوری خاک در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی موجب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ کینوا در مقایسه با تیمارهای مشابه کود زیستی در خاک غیر شور گردید (شکل ٤). گزارش شده است که هرچند گیاه کینوا برای جذب آب در شرایط خشکی فیزیولوژیک ایجاد شده در اثر شوری خاک از مکانیزم‌های مختلفی نظیر افزایش نسبت وزن ریشه به اندام هوایی استفاده می‌کند، با این وجود این مکانیزم‌ها در شرایط تنش شدید شوری قادر به جبران مقدار کافی آب نسبت به شرایطی که رطوبت فراهم است نمی‌باشند. به نحوی که شوری خاک از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را در گیاه کینوا کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ و فتوسنتز در این گیاه می‌گردد (۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که بیشترین میزان شاخص سطح برگ کینوا (۵/۱۸) در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی تحت تیمار تلفیق کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره در خاک شور حاصل شد، اما این مقدار تفاوت معنی‌داری با تیمار کود زیستی نیتروکسین در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی در خاک غیر شور (۵/۰٦) نداشت. به نحوی که در مجموع در هر دو خاک شور و غیر شور تیمار کود زیستی نیتروکسین بیشترین تاثیر را بر افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ کینوا در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی داشته است (شکل ٤).

گزارش شده است که کاربرد کود زیستی نیتروژن موجب بالارفتن تعداد و طول ساقه‌ها در گیاه کینوا شده و در پی آن تعداد برگ‌های موجود بر روی ساقه‌ها و در نهایت شاخص سطح برگ کینوا افزایش یافته است (۱۳). از طرفی بررسی تاثیر سطوح مختلف کود شیمیایی بر ژنوتیپ‌های مختلف کینوا نشان داد که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به میزان توصیه شده برای خاک موجب افزایش معنی دار سطح برگ کینوا می‌شود (٦).

به‌طور کلی، گزارش شده است که نیتروژن با اثرگذاری بر فرآیندهای تقسیم سلولی و ساخت کلروفیل باعث افزایش رشد رویشی، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی و در نهایت منجر به افزایش تعداد برگ و شاخص سطح برگ در گیاه می‌گردد. از طرفی، جذب بیشتر فسفر به واسطه فعالیت ریز جانداران (میکرو ارگانیسم‌های) موجود در کودهای زیستی نیز میزان فتوسنتز را افزایش می‌دهد که نتیجه آن افزایش تعداد و شاخص سطح برگ است (۳۰).

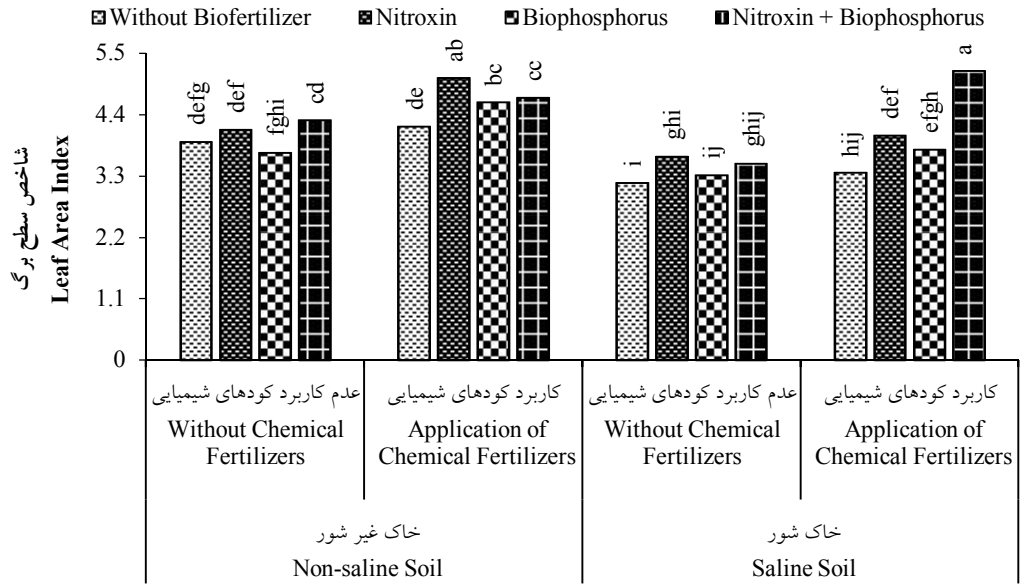
در تمامی تیمارهای کودهای زیستی به کار برده شده در پژوهش، شوری خاک موجب کاهش معنی‌دار

میزان عملکرد دانه در مقایسه با تیمارهای مشابه کود زیستی در خاک غیر شور گردید، به نحوی که حداکثر عملکرد دانه کینوا در خاک غیر شور حدود ۱۳ درصد از حداکثر عملکرد دانه این گیاه در خاک شور بیشتر بود (شکل a–۵). از طرفی کاربرد کودهای شیمیایی در تمامی تیمارهای کود زیستی موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه کینوا نسبت به تیمارهای مشابه کود زیستی در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی شد (شکل b–۵). از بین تیمارهای کود زیستی نیز تیمار کاربرد تلفیقی نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین تاثیر را بر افزایش عملکرد دانه کینوا در هر دو خاک شور و غیر شور (شکل a–۵) و هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی (شکل b–۵) داشتند.

اگرچه در برخی منابع کینوا به عنوان یک گیاه نسبتا مقاوم به شوری معرفی شده است، اما عملکرد این گیاه در سطوح بالای شوری کاهش می‌یابد (۱). به نحوی که شوری بیشتر از ۷ دسی‌زیمنس باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کینوا در مقایسه با تیمار شاهد شده است (۳۳). تنش شوری با اختلال در جذب مواد غذایی و فعالیت متابولیکی موجب پیری زودرس و کاهش فعالیت فتوسنتزی کینوا باعث کاهش عملکرد دانه در این گیاه می‌شود (۱۸). تنش شوری همچنین رقابت بین دانه‌ها و سایر اندام‌های گیاه را برای دریافت مواد فتوسنتزی تشدید کرده و این موضوع موجب کاهش انرژی موجود برای باروری و پر شدن دانه‌ها در کینوا می‌شود. در نتیجه قسمتی از دانه‌ها یا پر نمی‌شوند یا کوچک می‌مانند، در نهایت با کاهش اجزای عملکرد (تعداد و وزن دانه‌ها)، عملکرد دانه کینوا کاهش می‌یابد (۲۵). این در حالی است که تأثیر کودهای شیمیایی برافزایش عملکرد دانه کینوا معنی دار گزارش شده است (۱۳). کودهای زیستی نیتروژن و فسفر در حضور کودهای شیمیایی، این عناصر را بیشتر و کارآمدتر در اختیار کینوا قرار می‌دهند و با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین جذب فسفر و نیتروژن وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند در شرایط تنش اسمزی به جذب بیشتر فسفر و نیتروژن توسط کینوا کمک کنند (۱٤). از طرفی، گزارش شده است که کاربرد کودهای شیمیایی همراه با تلقیح بذور با کودهای بیولوژیکی باعث بهبود رشد و اجزای عملکرد دانه کینوا شده و از این طریق اثرات تنش اسمزی ناشی از خشکی و شوری خاک را کاهش می‌دهد (۱۲). به طور کلی، مصرف نیتروژن موجب افزایش ساخت پروتئین، جذب و ساخت کربن و انتقال آن به مقاصد فیزیولوژیکی می‌شود و با تأثیرگذاری بر تولید شیره پرورده، سطح برگ و حفظ شدت فتوسنتز به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه‌ها، بر عملکرد دانه گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد (۳۲). در مورد فسفر نیز گزارش شده که این عنصر نقش کلیدی در فتوسنتز و پرشدن دانه‌ها دارد و از این‌رو، سبب کاهش اثرات تنش‌های محیطی و افزایش عملکرد دانه می‌شود (۲).

در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی، عملکرد زیستی کینوا در خاک غیر شور اختلاف معنی‌داری با خاک شور نداشت اما در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی شوری خاک باعث کاهش ۱۰ درصدی عملکرد بیولوژیک کینوا در مقایسه با خاک غیر شور شد (شکل a–٦). به طور کلی، گزارش شده است که کاربرد کودهای شیمیایی در شرایط کم آبی یا خشکی فیزیولوژیک، شوری خاک را افزایش می‌دهد (۲٦). به نحوی که تشدید شوری خاک و به دنبال آن کاهش عملکرد تحت تاثیر کاربرد کودهای شیمیایی در گیاهان نسبتا مقاوم به شوری از جمله آفتابگردان (*Helianthus annuus*) نیز گزارش شده است (۲٤). از طرفی، هنگام استفاده از کودهای شیمیایی در ابتدای فصل زراعی، ممکن است بخشی از فرم شیمیایی قابل

استفاده عناصر برای گیاه به فرم‌های دیگر تبدیل شود و یا از طریق آبشوئی از دسترس گیاه خارج گردند که این موضوع افزایش شوری زمین‌های زراعی و کاهش عملکرد گیاهان را به همراه دارد (۲۶). کوکازا و همکاران (۲۰۱۲) دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک کینوا تحت تنش همزمان خشکی و شوری را کاهش سطح برگ، کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز عنوان کردند. بنا به گزارش آن‌ها، کاهش مواد فتوسنتزی در اثر کاهش سطح برگ از یک سو و کاهش انتقال مواد پرورده به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش اسمزی ناشی از کمبود آب و شوری خاک از سوی دیگر، سبب کاهش عملکرد دانه و عملکرد زیستی در کینوا شده است (۹). کاهش جذب آب و عناصر غذایی (به هم خوردن تعادل عناصر غذایی) مهمترین دلایل کاهش عملکرد بیولوژیک کینوا تحت تنش شوری عنوان شده‌اند (۲۶). از طرفی، کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با تمامی تیمارهای کود زیستی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای شیمایی با تیمار کود زیستی مشابه گردید (شکل b–٦). به نحوی که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک کینوا (٦٢٥٣/٨٧) در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی تحت تیمار تلفیق کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره حاصل شد. این میزان اختلاف معنی‌داری با شرایط کاربرد کودهای شیمیایی تحت تیمار کود زیستی نیتروکسین نداشت و دو تیمار مذکور عملکرد بیولوژیک کینوا را به‌ترتیب حدود ٦٩ و ٥٩ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد کود شیمیایی- بدون کود زیستی) افزایش دادند (شکل b–٦).

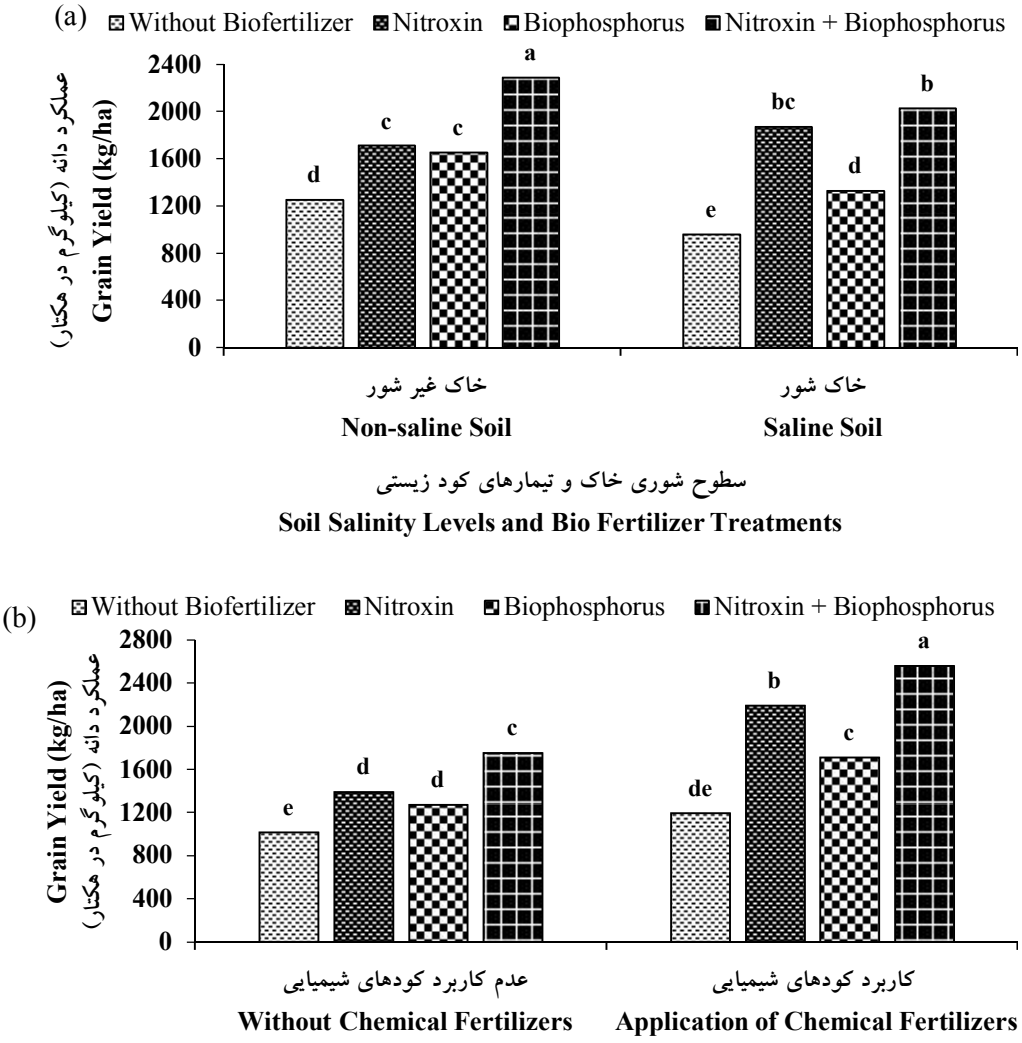



**سطوح شوری خاک و تیمارهای کودی**

**Soil salinity levels and fertilizer treatments**

**شکل ٤- مقایسه میانگین اثر برهمکنش شوری خاک، تیمارهای کود زیستی و تیمارهای کود شیمیایی بر شاخص سطح برگ گیاه کینوا. در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.**

Figure 4- Mean comparisons for interaction effect of Soil Salinity, bio and chemical fertilizer treatments on leaf area index of quinoa. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using.

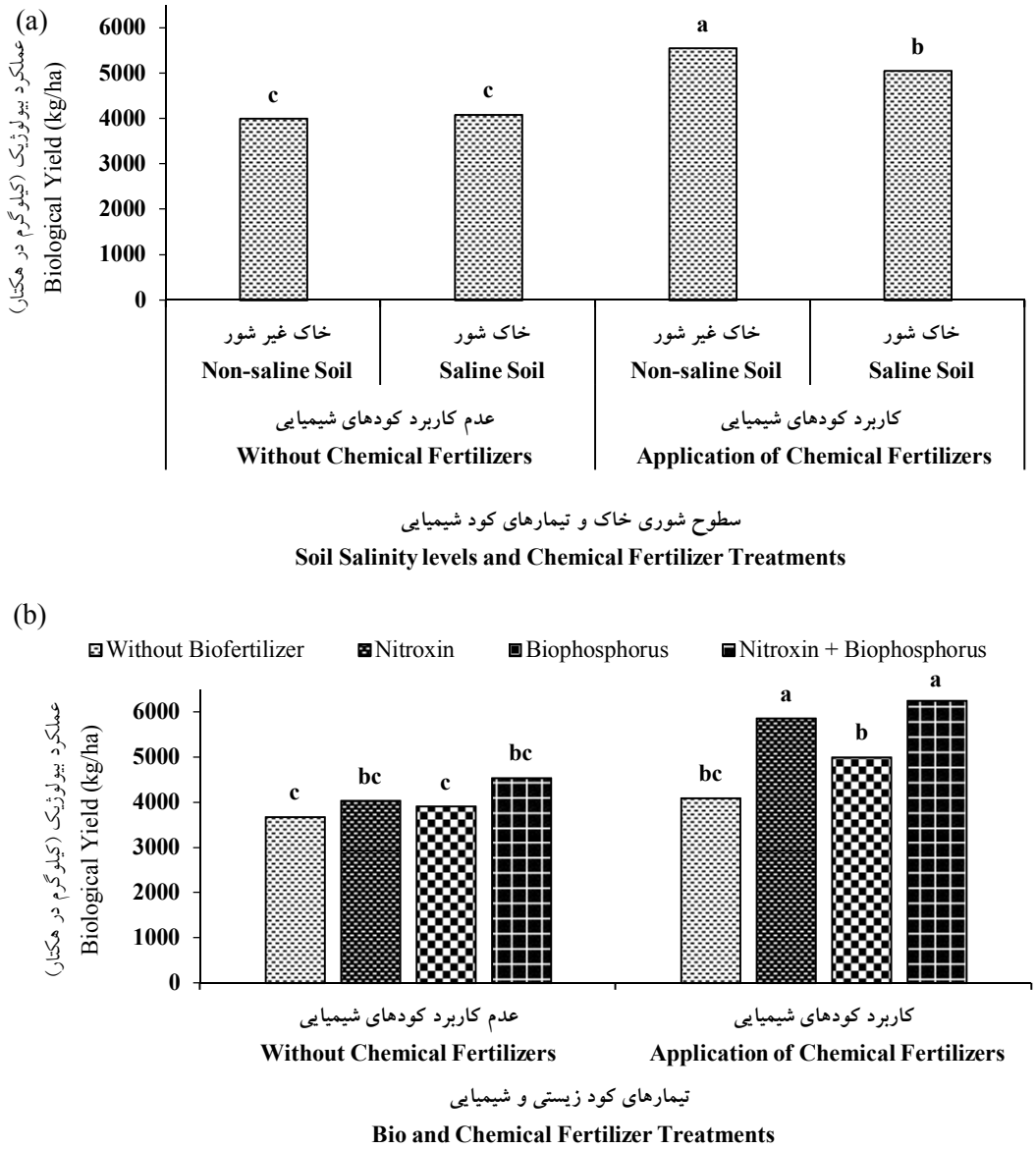



**شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات برهمکنش شوری خاک در کود زیستی (a) و کود زیستی در کود شیمیایی (b) بر عملکرد دانه در گیاه کینوا. در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.**

Figure 5- Mean comparisons for interaction effects of bio fertilizer × chemical fertilizer (a) and soil salinity × bio fertilizer (b) on grain yield of quinoa. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using.

در پژوهشی با هدف بررسی اثر منابع مختلف عناصر غذایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا نشان داده شد که تیمار کاربرد توام کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه، شاخص سطح برگ و عملکرد زیستی در این گیاه نسبت به تیمار شاهد شده است (۱٤). به طور کلی، در مورد تاثیر استفاده از کودهای زیستی به عنوان مکمل کودهای شیمیایی گزارش شده که باکتری‌های موجود در این کودها، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع

هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی‌بیوتیک موجب افزایش مقاومت گیاه به شرایط نا مساعد محیطی می‌شود. همچنین، این باکتری‌ها می‌توانند با سایر میکروارگانیسم‌های ریزوسفر اثر هم‌افزایی مفیدی بر گیاهان داشته باشند. درنتیجه با مصرف باکتری‌های محرک رشد، جذب و ذخیره مواد غذایی در بخش‌های مختلف گیاه ازجمله برگ و ساقه افزایش می‌یابد و با ذخیره این مواد در گیاه، عملکرد ماده خشک کل گیاه نیز افزایش می‌یابد (۳۰).




**شکل ٦- مقایسه میانگین اثرات برهم‌کنش شوری خاک در کود شیمیایی (a) و کود زیستی در کود شیمیایی (b) بر عملکرد بیولوژیک در گیاه کینوا. در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.**

Figure 6- Mean comparisons for interaction effects of soil salinity ×chemical fertilizer (a) and bio fertilizer × chemical fertilizer on biological yield of quinoa. Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که حداکثر عملکرد دانه کینوا در خاک شور تحت تیمار تلفیق کودهای شیمیایی و کودهای زیستی حدود ۱۲ درصد کمتر از حداکثر عملکرد دانه در خاک غیر شور بود. این موضوع بیانگر تاب‌آوری بالای این گیاه به تنش شوری است. با توجه به اینکه در حال حاضر حجم قابل‌توجهی از منابع آبی جهان متأثر از شوری می‌باشد و شور شدن خاک نیز پدیده‌ای پیش‌رونده محسوب می‌شود، شورشدن اراضی فاریاب یکی از مهم‌ترین چالش‌های بخش کشاورزی در سطح ملی و بین‌المللی است. بنابراین، توسعه کشت گیاهان متحمل به شوری مانند کینوا که هم از نظر زراعی پتانسیل عملکرد بالایی در خاک شور داشته و هم محصول تولیدی آن از کیفیت بالایی برخوردار است حائز اهمیت است. از طرفی، بیشترین میزان شاخص سطح برگ و صفات بیوشیمیایی ارزیابی شده (شامل کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، پروتئین‌های محلول و کربوهیدرات‌های کل در شرایط خاک شور و تحت تیمار تلفیق کودهای شیمیایی و کودهای زیستی حاصل شد. همچنین، در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی، تیمار تلفیق هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر با کود شیمیایی بیشترین تاثیر را بر تعدیل اثرات شوری و افزایش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی داشت، اما با توجه به این‌که تیمار تلفیق کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد و کاهش اثرات شوری در کینوا داشت، می‌توان اظهار کرد که کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، به تنهایی قادر به تأمین کامل عناصر غذایی مورد نیاز این گیاه نیستند، اما اگر همراه با کودهای شیمیایی مورد نیاز، طبق نتایج آزمون خاک بکار روند، می‌توانند در بهبود عملکرد و افزایش تاب‌آوری کینوا به تنش اسمزی مؤثر واقع شوند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که در شرایط وجود عناصر غذایی (فسفر و نیتروژن) به میزان کافی در خاک، میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی توانسته‌اند ضمن تامین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز کینوا، آن‌ها را به صورت کارآمدتری آزاد سازند و با تاثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیولوژی از جمله شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل، احتمالا موجب افزایش فتوسنتز و از این طریق سبب کاهش تاثیر تنش شوری در این گیاه شوند. گیاه کینوا از نظر اقتصادی نیز به دلیل سازگاری بسیار بالا با شرایط آب و هوایی مختلف و نیاز آبی کمتر در مقایسه با سایر گیاهان زراعی بهاره و تابستانه، قابلیت کشت گسترده در کشور را داراست و در مناطقی با میزان بارش ۸۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر قابل کشت است. از طرفی، هزینه‌های پایین کشت کینوا و قیمت به‌نسبت بالای دانه تولیدی آن از یک‌سو و نیاز آبی کم و سازگاری بالا با شرایط آب و هوایی مختلف از سوی دیگر باعث شده تا کشت این گیاه پروتئینی، به‌لحاظ اقتصادی بسیار به‌صرفه باشد. بنابراین، با توجه به‌نتایج پژوهش حاضر، کشت کینوا به‌عنوان گیاهی امیدبخش که تحمل بالایی به شوری دارد و محصول تولیدی نیز از کیفیت بالایی برخوردار است، به‌همراه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز مطابق نتایج آزمون خاک، در اراضی با حاصلخیزی کم و دارای محدودیت زیاد قابل توصیه است.

## منابع

1. Adolf, V.I., Jacobsen, S.E., and Shabala, S. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environ Exp Bot. 92: 5. 43-54.

2. Alori, E.T., Glick, B.R., and Babalola, O.O. 2017. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. Front. Microbiol. 8: 2. 10-18.

3. Amany, S., Al-Toukhy, A., and Bafeel, S. 2016. Effect of chemical, organic and biofertilizers on photosynthetic pigments, carbohydrates and minerals of wheat (*Triticum aestivum*. L) irrigated with sea water. Int. j. adv. res. biol. sci. 3: 2. 296-310.
4. Arias-Moreno, D.M., Jimenez-Bremont, J.F., Maruri-Lopez, I., and Delgado-Sanchez, P. 2017. Effects of catalase on chloroplast arrangement in *Opuntia streptacantha* chlorenchyma cells under salt stress. Sci. Rep. 7: 1. 1-14.
5. Arnon, D.L. 1994. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24: 1. 1-15.
6. Basra, S.M.A., Iqbal, S., and Afzal, I. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. Int J Agric Biol. 16: 88. 886-892.
7. Biglouie, M.H., Assimi, M.H., and Jabbarzadeh, A.R., 2006. Effect of supplemental irrigation on yield and yield components of flue-cured tobacco. Iran J Field Crop Sci. 8: 12. 184-200. (In Persian).
8. Bradford, M.M. 1996. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein dye binding. J Anal. Biochem. 7: 72. 248-254.
9. Cocozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R., and Tognetti, R. 2012. Effects of increasing salinity stress and decreasing water availability on ecophysiological traits of quinoa (*Chenopodium quinoa*Willd.) grown in a Mediterranean-type agroecosystem. J. Agron Crop Sci. 199: 4. 229-240.
10. Enebe, M.C., and Babalola, O.O. 2018. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. Appl Microbiol Biotechnol. 102: 18. 7821-7835.
11. Eppel, A., Keren, N., Salomon, E., Volis, S., and Rachmilevitch, S. 2013. The response of *Hordeum spontaneum* desert ecotype to drought and excessive light intensity is characterized by induction of O2 dependent photochemical activity and anthocyanin accumulation. Plant Sci. 201: 202. 74-80.
12. Fawy, H.A., Moharam, F., Hagab, A., and Hagab, R. 2017. Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of quinoa plant grown under soil conditions of Ras Sadersina. Egypt. J. Desert Res. 67: 1. 169-183.
13. Geren, H. 2015. Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. Turk J Field Crops. 20: 1. 59-64.
14. Gomaa E.F. 2013 Effect of nitrogen, phosphorus and bio. fertilizers on quinoa plant. Res. J. Appl. 9: 8. 5210-5222.
15. Gonzalez, J., Gallardo, M., Hillar, M., Rosa, M., and Prado, F. 2009. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning. Bot Stud. 50: 4. 35-42.
16. Hinojosa, L., Gonzalez, J., Barrios-Masias, F., Fuentes, F., and Murphy, K. 2018. Quinoa abiotic stress responses: A review. Plants 7: 4. 106-138.
17. Hossini, Y., Ramezani Moghaddam, J., Nikpour, M.R., and Abdoli, A. 2018. Evaluating water uptake functions under simultaneous salinity and water stress conditions in *Solanum lycopersicum*. J. Agric. Water Manag. 32: 2. 247-265. (In Persian).
18. Iqbal, S., Basra, S.M.A., Afzal, I., Wahid, A., Saddiq, M.S., Hafeez, M.B., and Jacobsen, S.E. 2018. Yield potential and salt tolerance of quinoa on salt-degraded soils of Pakistan. J. Agron Crop Sci. 205: 1. 1-9.
19. Irigoyen, J., Emerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Physiol. Plant. 84: 5. 55-60.
20. Jacobsen, S.E., Monteros, C., Corcuera, L.J., Bravo, L.A., Christiansen, J.L., and Mujica, A. 2007. Frost resistance

mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Eur J. Agron. 26: 4. 471-475.
21. Kalayu, G. 2019. Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as biofertilizers. Int. J. Adv. Agric. Res. 9: 1. 1-7.
22. Kaoutar, F., Abdelaziz, H., Ouafae, B., Redouane, C.A., and Ragab, R. 2017. Yield and dry matter simulation using the saltmed model for five quinoa (*Chenopodium quinoa*) accessions under deficit irrigation in South Morocco. J. Irrig. Drain 66: 3. 340-350.
23. Kubala, S., Wojtyla, L., Quinet, M., Lechowska, K., Lutts, S., and Garnczarska, M. 2015. Enhanced expression of the proline synthesis gene P5CSA in relation to seedosmopriming improvement of *Brassica napus* germination under salinity stress. J. of Plant Physiol. 183: 1. 1-12.
24. Ma, T., Zeng, W., Li, Q., Wu, J., and Huang, J. 2016. Effects of water, salt and nitrogen stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) at different growth stages. J. Soil Sci. Plant Nutr. 16: 4. 1024-1037.
25. Muscolo, A., Panuccio, M.R., Gioffrè, A.M., and Jacobsen, S.E. 2016. Drought and salinity differently affect growth and secondary metabolites of "*Chenopodium quinoa* Willd" seedlings. 259-275, In: Muhammad, A., Munir, O., Bilquees, G., and Muhammad, A. (eds.), Halophytes for food security in dry lands, Elsevier, London.
26. Nasir Khan, M., Mobin, M., Abbas, Z .K., and Alamri, S.A. 2018. Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater. 225-240, In: Dominick, A.D., and Michael, I.G. (eds.) the encyclopedia of the anthropocene, Elsevier, London.
27. Prager, A., Munz, S., Nkebiwe, P., Mast, B., and Graeff-Honninger, S. 2018. Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in Southwestern Germany. J. Agronomy 8: 10. 197-216.
28. Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J., Dreschel, P., Noble, A.D., 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. Nat Resour Forum. 38: 4. 282-295.
29. Ruiz, K. B., Maldonado, J., Biondi, S., and Silva, H. 2019. RNA-seq analysis of salt-stressed versus non salt-stressed transcriptomes of *Chenopodium quinoa* landrace R49 genes. 10: 12. 1042-1061.
30. Sabbagh, S.K., Poorabdollah, A., Sirousmehr, A., and Gholamalizadeh-Ahangar, A. 2017. Bio-fertilizers and systemic acquired resistance in Fusarium infected wheat. J. Agric. Sci. 19: 2. 453-464.
31. Sheshbahreh, M., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi, A., and Bahreininejad, B. 2019. Effect of irrigation regimes and nitrogen sources on biomass production, water and nitrogen use efficiency and nutrients uptake in coneflower (*Echinacea purpurea* L.). Agric Water Manag. 213: 3. 358-367.
32. Stamenkovic, C., Beskoski, V., Karabegovic, I., Lazic, M., and Nikolic, N. 2018. Microbial fertilizers: A comprehensive review of current findings and future perspectives. Span. J. Agric. 16: 1. 210-228.
33. Wilson, C., Read, J.J., and Abo-Kassem, E. 2002. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and a wheat variety. J. Plant Nutr. 25: 12. 2689-2704.