روابط خاک و گیاه / سال سیزدهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۱ / صفحات ۴۴-۲۹
مقاله پژوهشی

تغییرات مورفوفیزیولوژیک گیاه کینوا در پاسخ به کاربرد خاکی نیتروژن تحت تنش شوری آب آبیاری

زهرا همتی[۱]، امیر بستانی[۱] و محمود باقری[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات گیاه کینوا (ژنوتیپ Giza1) تحت تنش شوری آب آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران اجرا شد. در این آزمایش، نیتروژن به‌عنوان فاکتور اصلی شامل ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار طی دو مرحله در زمان کاشت و پیش از گلدهی اعمال شد. شوری آب آبیاری شامل شاهد، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان فاکتور فرعی با آبیاری گلدان‌ها در نظر گرفته شد و شوری اولیه خاک ۱۳ دسی‌زیمنس بود. نتایج نشان داد که کود نیتروژن و شوری آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده داشت. بیشترین عملکرد در تیمار شاهد حاصل شد. افزایش کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش ۸ درصدی عملکرد دانه و افزایش ۱۳ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد. بیش‌ترین میزان عملکرد با مقدار عددی ۸/۷۹ گرم در گلدان در تیمار شاهد شوری آب آبیاری (EC عصاره گل اشباع ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) حاصل شد. همچنین شوری آب آبیاری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد به‌ترتیب باعث کاهش ۳۰ و ۲۴ درصدی عملکرد دانه و وزن هزار دانه شد. مقدار محتوای نسبی آب، جذب نیتروژن، سدیم و کلرید گیاه با افزایش شوری افزایش یافت و ارتفاع بوته، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. افزایش شوری آب آبیاری تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ۶ درصدی پتاسیم و افزایش ۹ درصدی سدیم اندام هوایی کینوا نسبت به شاهد شد، که این تغییرات جزئی در پتاسیم و سدیم گیاه می‌تواند مکانیسم مقاومتی برای کاهش آثار تنش شوری باشد. در مجموع، با توجه به نتایج به‌دست آمده کاشت این گیاه را در مناطقی که شوری آب آبیاری و خاک و همچنین حاصلخیزی کم خاک عامل محدودکننده است، می‌توان توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: سدیم، کلرید، عملکرد دانه، محتوای نسبی آب.

مقدمه

کیفیت و کمّیت محصولات کشاورزی تحت تهدید مستمر و شدید تنش‌های زیست محیطی قرار دارند. یکی از مهم‌ترین آن‌ها تنش شوری است (۱۱). شوری یکی از گسترده‌ترین

۱- گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m-bagheri@areeo.ac.ir

تهدیدهای جهانی زیست‌محیطی برای تولید محصولات کشاورزی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. آینده تولید محصولات کشاورزی به‌طور فزاینده‌ای به توانایی ما برای رشد گیاهان در زمین‌های شور و حاشیه‌ای با استفاده از آب شور بستگی دارد. شایع‌ترین اثر شوری خاک که ناشی از اثر مستقیم سمیّت یون‌ها خالص سدیم و کلرید است، کاهش جذب مواد مغذی، رشد و بهروری است (۱۳). راهکارهای مختلفی برای مقابله با تنش شوری معرفی شده است. یکی از این راهکارها تنوع‌بخشی و معرفی گونه‌های متحمل به شوری با ارزش اقتصادی بالا است. کشت گیاهان شورپسند یکی از روش‌هایی است که برای تولید محصولات کشاورزی پایدار در زمین‌های شور مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۶).

خانواده اسفناجیان (*Chenopodiaceae*) با ۳۲۱ گونه و بیش‌ترین جنس از جمله خانواده‌هایی است که نسبت به شوری تحمل دارند، به‌طوری که کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd گیاهی یک‌ساله است که با وجود ارزش غذایی زیادی که دارد، در شرایطی که زمین‌ها غیرحاصلخیز و یا دارای محدودیت هستند، به‌خوبی قابل کشت بوده و محصول مناسب تولید می‌کند (۲۰). کینوا تحمل قابل توجهی در برابر خشکسالی، خاک‌های فقیر و شوری زیاد دارد (۵). این گیاه در شوری آب ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز می‌تواند مراحل رشد فنولوژیک خود را طی کرده و محصول دانه‌ای برابر ۰/۳۵ مگا گرم بر هکتار تولید کند که از ویژگی‌های منحصر به فرد این گیاه است (۲۴). نتایج جمالی و شریفان (۸) حاکی از آن است که افزایش شوری از صفر به ۱۵ درصد اختلاط آب دریا به‌ترتیب وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد و وزن هزاردانه کینوا را به میزان ۱/۲، ۹/۹، ۸/۹ و ۴/۲ درصد کاهش داد. امل و همکاران (۱) نیز با مقایسه خاک‌های شنی و رسی نشان دادند که در خاک شنی، افزایش شوری آب به‌طور قابل توجهی عملکرد بذر و کاه را کاهش داد ولی در تیمار کوددهی با نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بهره‌وری کینوا در خاک شنی، به‌ویژه در شرایط شوری زیاد آبیاری تا حد زیادی بهبود یافت.

شوری با تأثیر بر قابلیت استفاده برخی عناصر، می‌تواند جذب، انتقال یا توزیع عناصر غذایی درون گیاه را دچار مشکل سازد و یا با غیرفعال کردن نقش فیزیولوژیک عنصر غذایی مصرف شده، منجر به افزایش ذاتی نیاز غذایی گیاه شود (۷). از مهم‌ترین عناصر غذایی که جذب آن در شرایط شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد، نیتروژن است. در واقع شوری ضمن کاهش نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه (ناشی از افزایش غلظت آبسیزیک اسید در بافت‌های گیاهی)، فعالیت آنزیم نیتروژناز را نیز کاهش داده و مستقیماً جذب نیتروژن را محدود می‌کند (۱۵). کمبود این عنصر بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد را محدود می‌کند و در ساختمان مولکول‌های پروتئینی، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدنوکلئیک و سیتوکروم‌ها نقش اساسی دارد. نیترات منبع اصلی نیتروژن در خاک‌های کشاورزی بوده و اغلب محدودکننده رشد گیاه است، افزودن سطوح بالایی از کلرید سدیم باعث کاهش مداوم نیترات و رشد گیاه می‌شود (۲۳). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که شوری می‌تواند نیتروژن گیاه را کاهش دهد. کاهش جذب NO^{3-} به مشخصه آنتاگونیسمی آن با Cl^{-} و یا کاهش جذب آب در شرایط شوری بستگی دارد. کاهش مصرف نیتروژن از طریق واکنش سدیم، آمونیوم و یا کلرید و نیترات باعث کاهش رشد و عملکرد محصول می‌شود (۱۰). شواهد نیز نشان می‌دهد آنزیم‌هایی که در سنتز و متابولیسم نیتروژن از اسید آمینه‌ها شرکت دارند تحت کنترل شوری هستند (۲۲).

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر کود نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاه کینوا در شرایط شوری آب آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دی ماه در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران اجرا شد. تیمار های آزمایش

شامل ۴ سطح نیتروژن از منبع کودی اوره (شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار) و ۶ سطح شوری آب آبیاری از منبع نمک کلرید سدیم (شاهد، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) در ۳ تکرار بود. نمک استفاده شده برای این پژوهش کلرید سدیم شرکت مرک با درجه خلوص Gr بود. با توجه به اینکه بیش از ۸۰ درصد عامل شوری خاک و آب به‌ویژه در مناطقی مانند ایران نمک کلرید سدیم است، ترجیح داده شد که از کلرید سدیم برای تنظیم شوری آب آبیاری استفاده شود. در خصوص منبع آب آبیاری به‌عنوان شاهد، آب شرب با شوری (رسانایی الکتریکی) برابر ۰/۷ $dS\ m^{-1}$ استفاده شد. گلخانه به صورت دوطرفه، جداره‌ها و سقف از جنس پلی‌اتیلن بود. دما، رطوبت و نور به طور مداوم با تعبیه حسگرهای ویژه تنظیم شد به‌طوری که دما در طول روز ۲۵ و در شب ۲۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی حدود ۷۵ درصد بود. کود اوره مصرفی نیز کود رایج مصرفی توسط کشاورزان (پتروشیمی رازی) بود.

خاک آزمایشی از لایه ۳۰-۰ سانتی‌متر مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی تهیه شد. روش کار به این صورت بود که ۷۲ گلدان با قطر ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر تهیه و با ۶ کیلوگرم خاک پر شد. در هر تکرار ۱۰ عدد بذر کینوا (رقم Giza1) در عمق ۱ سانتی‌متر خاک در ۲۶ دی ماه کشت و پس از استقرار به ۵ بوته در هر گلدان کاهش داده شد. آبیاری گلدان‌ها براساس تنظیم رطوبت در محدوده ۱۰± درصد رطوبت گنجایش مزرعه (FC)، انجام شد. مقدار رطوبت در FC (مکش ماتریک ۳۳ کیلوپاسکال) با استفاده از دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری شد. در نهایت براساس وزن گلدان‌های حاشیه‌ای (این گلدان‌ها با هدف به دست آوردن زمان اعمال آبیاری و بدون کاشت گیاه در کنار گلدان‌های اصلی مستقر شدند) زمان آبیاری مشخص می‌شد. بر این اساس گلدان‌ها هر ۵-۳ روز و بسته به نیاز رطوبتی به‌طور مرتب با آب معمولی ($EC = ۰/۷\ dS\ m^{-1}$) تا مرحله ۴ برگی به‌صورت یکسان آبیاری شدند پس از مرحله استقرار گیاهچه (۷ روز پس از کشت) و تا پایان مرحله برداشت (۱۳۰ روز پس از کشت) عمل آبیاری به‌شکل یکنواخت ولی با سطوح شوری متفاوت (بسته به تیمار رسانایی الکتریکی آب آبیاری توسط کلرید سدیم در مقادیر شاهد، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) انجام می‌شد. قابل ذکر است که در زیر گلدان‌ها سینی تعبیه شده بود و در صورت خروج آب به‌صورت زهکش همان آب دوباره به گلدان برگردانده می‌شد؛ هر چند که خروجی آب گلدان‌ها بسیار ناچیز بود. گلدان‌های شاهد دارای گیاه بودند و هیچ تفاوتی با دیگر گلدان‌ها نداشتند تنها شوری آن‌ها معادل ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. مقادیر رطوبت در گنجایش مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب برابر ۲۴/۲ و ۱۵/۸ درصد وزنی بود.

آب مورد استفاده تا مرحله چهاربرگی و همچنین برای تیمار شاهد دارای رسانایی الکتریکی برابر ۰/۷ دسی زیمنس بر متر و pH آن برابر ۷/۸ بود. برای ایجاد تیمارهای شوری آب آبیاری نیز الکترود رسانایی‌سنج مدل (Jenway ,4510) درون ظرف محتوی آب قرار داده شده و درحالی که آب توسط همزن مغناطیس هم زده می‌شد نمک کلرید سدیم با درجه خلوص Gr تا رسیدن به شوری مورد نظر (۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) به ظرف افزوده می شد. دمای آب در زمان تهیه تیمار شوری بین ۲۳ تا ۲۵ درجه سلسیوس متغیر بود.

کود اوره نیز طی دو مرحله، ۵۰ درصد پیش از کشت و ۵۰ درصد پیش از گل‌دهی (۸۰ روز پس از کشت) به‌صورت سرک به گلدان‌ها داده شد. ۱۳۰ روز پس از کاشت، بوته‌ها از ۲ سانتی‌متری سطح خاک بریده شده و در ابتدا با اسید رقیق ۵ درصد به مدت پنج دقیقه به منظور حذف مواد زائد (گرد و خاک و ...) و پس از آن با آب مقطر شسته شده و در نهایت در آون در دما ۸۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب و غلظت عناصر در گیاه (درصد نیتروژن، سدیم، پتاسیم و کلرید گیاه) بود. عملکرد دانه و وزن هزار دانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و ارتفاع بوته با خط‌کش اندازه گیری شدند. نیتروژن اندام هوایی به روش کجلدال (۱۸)،

جدول ۱. نتایج آزمون اولیه خاک تیپیک منطقه شاهد.

Table 1. Preliminary test results of typical soil in the control area.

بافت خاک Soil texture	pH	رسانایی الکتریکی EC_e ($dS\ m^{-1}$)	رس Clay (٪)	سیلت Silt (٪)	شن Sand (٪)	رطوبت اشباع Saturated water content (٪w/w)	ماده آلی Organic matter (٪)	کربنات کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent (٪)	گنجایش تبادل کاتیونی CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	نیتروژن N (٪)
Loam	8.1	12.28	20	47	33	36.6	1.40	16.3	20.16	0.14

اندازه‌گیری سدیم، پتاسیم و کلرید گیاه نیز به روش هضم خشک در سه تکرار انجام شد (۱۴). قرائت سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل ۴۱۰ (CORNING) (۱۸) صورت پذیرفت.

برای اندازه‌گیری کلرید نیز از آنجا که فرم عمده کلرید در گیاه به‌صورت یونی است، بنابراین کلرید در گیاه به لحاظ کمی با آب، اسید رقیق و یا نمک‌های رقیق به‌راحتی استخراج می‌شود. در نتیجه برای عصاره‌گیری ۰/۲۵ گرم گیاه پودر شده درون ویال شیشه‌ای ریخته و به آن ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کرده و ویال را روی شیکر رفت و برگشتی به مدت زمان ۳۰ دقیقه با ۲۵۰ دور در دقیقه قرار داده شد. پس از عصاره‌گیری میزان کلرید از روش تیتراسیون با نیترات نقره در مجاورت کرمات پتاسیم اندازه گیری شد.

رطوبت نسبی آب براساس معادله زیر محاسبه شد (Weatherley, 1950):

$$RWC = (W_f-W_d)/(W_s-W_d) \times 100$$

که در آن W_f: وزن گیاه تازه، W_s: وزن گیاه آماس شده، و W_d: وزن گیاه خشک شده است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارزیابی نتایج، از نرم‌افزار SAS ۹/۳ (۱۹) و مقایسه میانگین‌های صفات مورد ارزیابی، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک‌درصد انجام شد.

جدول (۱) نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است خاک آهکی بوده و دارای بافت لومی است.

بررسی تغییرات شوری خاک با افزایش شوری آب آبیاری از اهداف این پژوهش بوده است. اینکه در نهایت تجمع املاح آب آبیاری در خاک چه تأثیری در شوری خاک دارد بسیار مهم است. بنابراین پس از برداشت گیاه، نمونه‌های خاک گلدان‌ها برداشته شده و پس از آماده‌سازی، شوری (EC) و pH خاک در آن‌ها اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر شوری آب آبیاری، نیتروژن و اثر برهمکنش آن‌ها بر ویژگی‌های خاک و درصد عناصر بافت گیاه در جدول (۲) و برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاه در جدول (۳) آورده شده است. نتایج نشان داد اثر این تیمارها بر تمامی ویژگی‌های خاکی و گیاهی مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

نتایج مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر رسانایی الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) نشان داد که با افزایش شوری آب، EC_e نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همان‌گونه که انتظار می‌رفت بیشترین شوری خاک (برابر ۳۷/۴۶ دسی‌زیمنس بر متر) در شوری آب آبیاری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱).

نتایج مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر عملکرد دانه نشان داد افزایش نیتروژن نه تنها موجب افزایش عملکرد نشد بلکه کاهش جزئی عملکرد را نسبت به شاهد در تمام سطوح کود نیتروژن در پی داشت (شکل b-۲). نتایج تجزیه نیتروژن کل خاک نشان می‌دهد میزان نیتروژن اولیه خاک برابر ۰/۱۴ درصد بود (جدول ۱). همایی و همکاران (۷) حد بهینه نیتروژن کل

جدول ۲. تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک و صفات فیزیولوژیک گیاه کینوا.

Table 2. Analysis of variance of soil chemical properties and physiological traits of quinoa.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	F									
		رسانایی الکتریکی گل اشباع EC_e	نیتروژن گیاه Plant nitrogen	پتاسیم محلول در خاک Soil soluble potassium	پتاسیم گیاه Plant potassium	سدیم محلول در خاک Soil soluble sodium	سدیم گیاه Plant sodium	نسبت پتاسیم به سدیم محلول خاک Ratio of soluble potassium to sodium of soil	نسبت پتاسیم به سدیم گیاه Ratio of plant potassium to sodium	کلرید محلول در خاک Soil soluble chloride	کلرید گیاه Plant chloride
نیتروژن Nitrogen	3	170.82**	4.35**	341.61**	1.80**	4477**	3521**	0.17**	0.00*	42921030**	7.14**
شوری Salinity	5	416.23**	3.09**	311.9**	1.79**	87624**	3297**	0.38**	0.00**	66010735**	44.93**
نیتروژن × شوری Nitrogen × Salinity	15	40.59**	0.97**	105.30**	1.27**	957**	510**	0.03**	0.00**	5887599**	3.26**
خطا Error	46	3.66	0.11	12.55	0.18	122	115	0.00	0.00	661631	0.43
ضریب تغییرات CV (%)		7.34	9.38	8.24	5.16	9.29	4.82	4.86	7.33	9.80	10.41

** نشان‌دهنده اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

** indicates significant effect at 1% probability level.

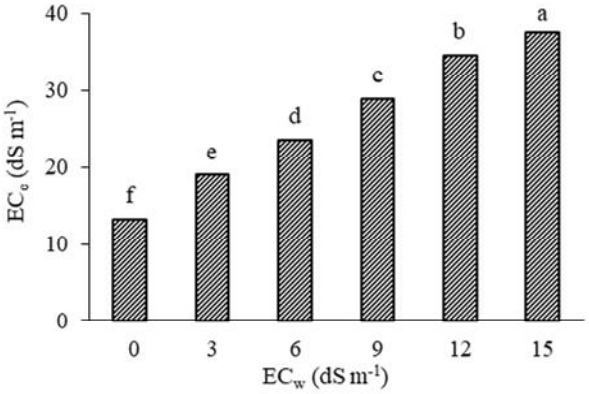
جدول ۳. تجزیه واریانس صفات گیاه کینوا.

Table 3. Analysis of variance of quinoa traits.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	مقدار F			
		عملکرد Yield	وزن هزاردانه بذر 1000 seeds-weight	محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content	ارتفاع گیاه Plant height
نیتروژن Nitrogen	3	10.91**	0.87**	25.57**	641.62**
شوری Salinity	5	49.47**	1.38**	148.16**	18.60**
نیتروژن × شوری Nitrogen × Salinity	15	9.59**	0.14**	118.57**	13.47**
خطا Error	46	0.50	0.02	26.34	2.36
ضریب تغییرات CV (%)		9.14	7.02	5.70	3.09

** نشان‌دهنده اثر معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد است.

** indicate significant effect at 1% probability level.

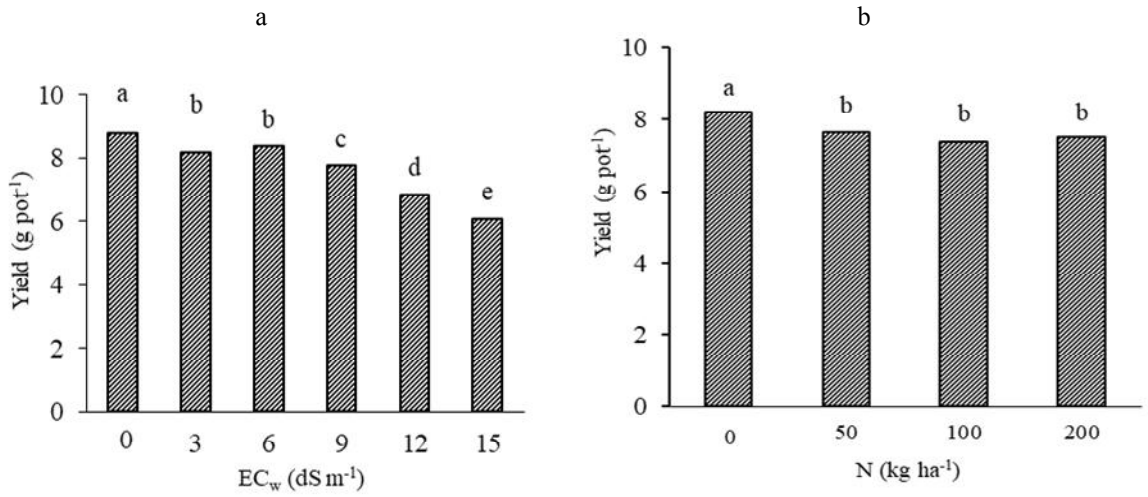


شکل ۱. اثر شوری **آب آبیاری** (EC_w) **بر** رسانایی الکتریکی عصاره اشباع خاک (**EC_e**)؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Fig. 1. Effect of irrigation water salinity (EC_w) on saturated soil electrical conductivity (EC_e); The columns with dissimilar letters are significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.

خاک را ۰/۱۵ تا ۰/۲ درصد گزارش کردند. ارزیابی نیتروژن خاک معمولاً بر اساس نیتروژن کل خاک صورت می‌پذیرد و بر این اساس نیز در این مقاله معیار ارزیابی نیتروژن خاک، نیتروژن کل خاک در نظر گرفته شد. بیش از ۹۵ درصد نیتروژن کل خاک به شکل نیتروژن آلی است که این بخش تا زمانی که از طریق فرآیند معدنی شدن، به فرم نیترات یا آمونیوم تبدیل نشود عملاً برای گیاه قابل استفاده نیست. عامل اصلی معدنی شدن نیتروژن آلی، ریزجانداران غالباً شیمیولیتوترف هستند و این گروه از ریزجانداران برای تأمین کربن و انرژی نیاز مستقیم به ماده آلی دارند. از این‌رو در خاک‌های فقیر از ماده آلی که غالب خاک‌های ایران را شامل می‌شود، فرآیند معدنی شدن نیتروژن بسیار ضعیف بوده و در این خاک‌ها افزودن کود نیتروژنه ضروری است. بر این اساس به‌نظر می‌رسد عامل اصلی عدم پاسخ گیاه به کود نیتروژن کم توقع بودن گیاه از نظر تغذیه‌ای باشد. پژوهش‌های بسیاری بیانگر این واقعیت است که کینوا گیاهی متحمل به تنش‌های خشکی و شوری، و به‌عنوان گیاه حاشیه‌ای و در خاک‌هایی غیرحاصلخیز کشت می‌شود (۲۱). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سطح بالایی از کودهای نیتروژن باعث کاهش عملکرد و سرعت بلوغ گیاه کینوا می‌شود (۱۰ و ۱۷).

نتایج مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عملکرد دانه در تیمارهای ۱۵، ۱۲، ۹، ۶ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۳۰، ۲۱،



شکل ۲. تأثیر شوری آب آبیاری (EC_w) و سطوح نیتروژن (N) بر عملکرد دانه کینوا؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Fig. 2. Effect of irrigation water salinity (EC_w) and nitrogen (N) levels on quinoa grain yield; The columns with dissimilar letters are significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.

۱۱، ۴ و ۶ درصد کاهش یافت. حصول حدود ۷۰ درصد عملکرد دانه در تیمار ۱۵ دسی‌زیمنس شوری آب آبیاری (نظیر شوری خاک ۳۷/۴۶ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به تیمار شاهد بیانگر تحمل زیاد گیاه نسبت به شوری‌های زیاد آب و خاک است (شکل a–۲). الوهاب و همکاران (۴) به این نتیجه رسیدند که رابطه منفی بین افزایش شوری آب و بسیاری از پارامترهای رشد گیاه وجود دارد. شوری آب آبیاری اثر منفی بر رشد و تجمع زیست‌توده گیاه دارد و به کاهش عملکرد دانه، جذب آب و کارآیی مصرف آب منجر می‌شود.

برهمکنش شوری آب آبیاری و کود نیتروژن باعث کاهش عملکرد دانه شد، به‌طوری که در بین سطوح مصرفی، استفاده از تیمار عدم استفاده از کود نیتروژن به همراه شوری‌های آب آبیاری شاهد و ۳ دسی‌زیمنس بر متر مؤثرترین و مطلوب‌ترین تیمارهای ترکیبی بر عملکرد دانه با مقدار عددی ۱۰/۰۴ گرم در گلدان بود (جدول ۴). با این‌حال به‌نظر می‌رسد که آثار منفی شوری آب آبیاری نسبت به نیتروژن بر عملکرد دانه بیش‌تر است.

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن بر وزن هزار دانه نشان داد با افزایش نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این در حالی بود که اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار مشاهده نشد. نتایج نشان داد تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار کود اوره در مقایسه با شاهد به‌ترتیب افزایش ۷ و ۱۳ درصد در وزن هزار دانه شد (شکل b–۳).

با افزایش سطوح شوری آب آبیاری، وزن هزار دانه کاهش یافت به‌طوری که در تیمار شاهد با مقدار ۲/۳۶ گرم و تیمار ۱۵ دسی‌زیمنس در متر با مقدار ۱/۸۹ گرم با کاهش حدود ۲۴ درصد نسبت به شاهد، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن هزار دانه مشاهده شد (شکل a–۳). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش شوری وزن هزار دانه گیاه کینوا کاهش می‌یابد (۸).

نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود نیتروژن و شوری آب آبیاری در بهبود کیفیت دانه و وزن هزار دانه نشان داد که با افزایش نیتروژن به میزان ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار همراه با شوری آب آبیاری ۳ دسی‌زیمنس بر متر، وزن هزار دانه با مقدار عددی ۲/۴۷ گرم در گلدان افزایش ۵۰ درصدی نسبت به حداقل‌ترین وزن هزار دانه در تیمارهای شاهد نیتروژن و شوری آب آبیاری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۶۲ گرم در گلدان) داشت (جدول ۴).

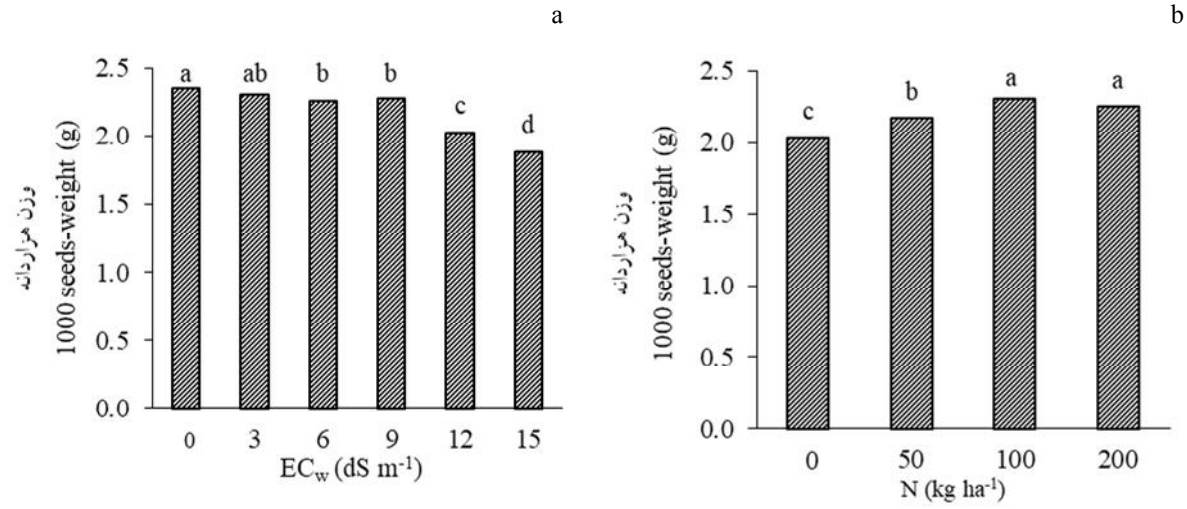
جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود نیتروژن و شوری آب آبیاری بر برخی صفات گیاه کینوا.

Table 2. Mean comparison of interaction effect of nitrogen fertilizer and salinity of irrigation water on some traits of quinoa plant.

کود نیتروژن Nitrogen fertilizer ($kg\ ha^{-1}$)	شوری آب آبیاری Salinity of irrigation water ($dS\ m^{-1}$)	عملکرد دانه Yield ($g\ pot^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000 seeds-weight (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	محتوای نسبی آب Relative water content (٪)	نیتروژن گیاه Plant nitrogen (٪)
0	0	9.83 a	2.28 d-j	52.06 de	83.29 d-e	4.21 a
0	3	10.04 a	2.26 c-i	56.84 a	90.16 c-e	3.77 d-g
0	6	9.6 a	2.11 i-k	55.03 b	94.37 a-c	3.51 g-h
0	9	8.99 a	2.21 f-k	53.72 c	93.93 a-c	3.78 e-g
0	12	6.43 h-i	1.79 i	53.22 cd	93.16 a-d	4.09 a-c
0	15	9438 k	1.52 m	50.87 ef	83.29 d-e	4.13 ab
50	0	8.93 b	2.11 i-k	51.4 ef	85.35 fg	3.57 f-h
50	3	7.45 d-g	2.08 k	80.18 fg	85.45 d-f	3.69 e-h
50	6	8.02 c-f	2.37 a-e	48.06 hi	90.91 b-e	4.44 a-e
50	9	7.67 d-g	2.03 b-h	50.81 ef	84.12 fg	3.48 j-l
50	12	7.58 e-g	2.08 k	48.84 hi	84.86 fg	3.7 e-h
50	15	6.14 j	1.83 i	50.75 ef	85.36 fg	4.18 a-d
100	0	8.24 cd	2.41 a-c	51.18 ef	86.88 e-g	3.51 gh
100	3	7.12 g-i	2.43 a	48.34 gh	85.35 fg	3.43 h-i
100	6	7.98 c-f	2.35 b-f	48.18 h-j	83.04 g	2.83 k
100	9	6.94 g-i	2.31 b-h	46.43 kl	84.59 fg	3.88 a-e
100	12	6.87 hi	2.17 g-k	46.62 kl	92.56 a-d	3.94 a-e
100	15	7.1 g-i	2.15 h-k	47.00 j-l	88.62 d-f	4.11 ab
200	0	8.17 bc	2.36 a-e	48.00 h-j	91.15 a-e	3.65 e-h
200	3	45.9 l	2.47 a	45.9 l	95.15 ab	2.95 j-k
200	6	7.9 c-f	2.21 e-k	47.62 i-k	92.76 a-d	3.1 ij
200	9	7.44 f-h	2.31 b-g	48.12 h-j	96.1 a	2.82 k
200	12	6.6 ij	2.1 j-k	44.56 m	95.07 a-c	3.44 hi
200	15	6.73 ij	2.07 k	46.18 l	94.66 a-c	3.87 b-f

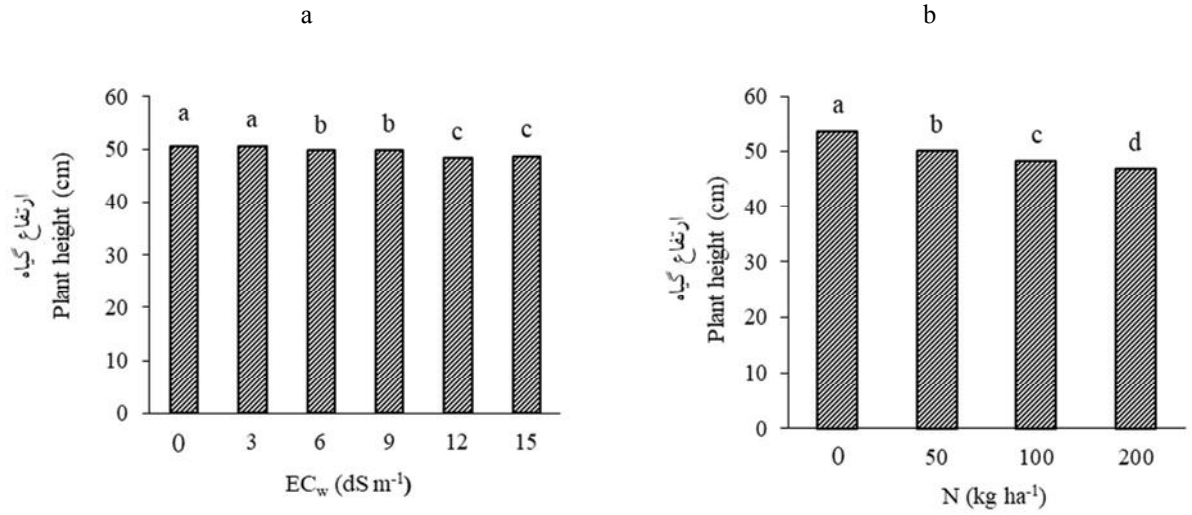
میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

The means with common letters in each column are not significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.



شکل ۳. تأثیر شوری آب آبیاری (EC_w) و سطوح نیتروژن (N) بر وزن هزار دانه؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Fig. 3. Effect of irrigation water salinity (EC_w) and nitrogen (N) levels on 1000-seeds weight; The columns with dissimilar letters are significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.



شکل ۴. تأثیر شوری آب آبیاری (EC_w) و سطوح نیتروژن (N) بر ارتفاع گیاه؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Fig. 4. Effect of irrigation water salinity (EC_w) and nitrogen (N) levels on plant height; The columns with dissimilar letters are significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.

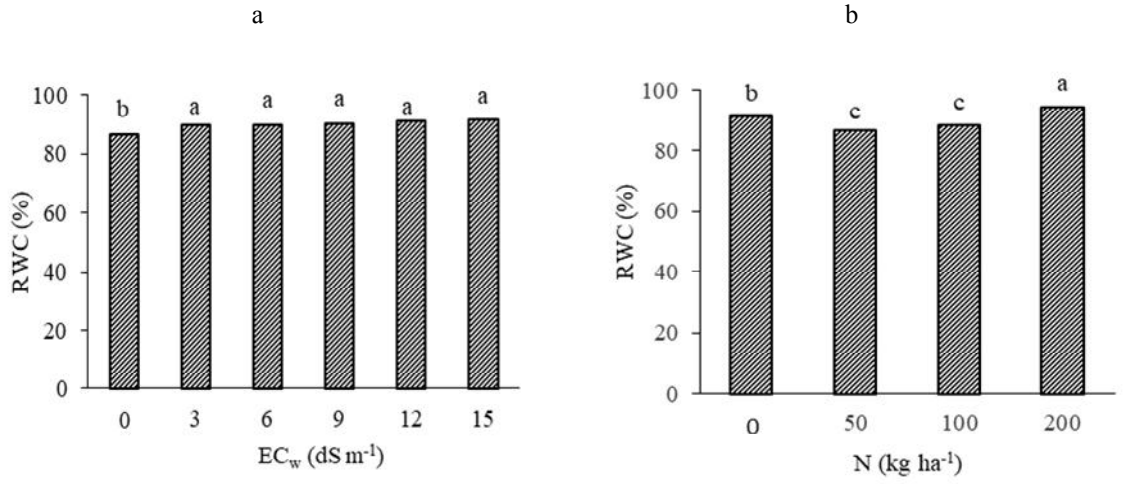
درباره کود نیتروژن به نظر می‌رسد حضور نیتروژن باعث تسریع ورود گیاه کینوا به رشد زایشی با توقف رشد رویشی و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته است. در این آزمایش این مسئله به‌وضوح مشاهده شد به‌گونه‌ای که در تیمار سطح ۴ نیتروژن گیاه در اواخر اسفند وارد رشد زایشی شد این در حالی بود که برای تیمار سطح ۳، ۲ و ۱ به ترتیب در اوایل فروردین تا اواخر فروردین وارد رشد زایشی شدند.

نتایج نشان داد ارتفاع بوته در سطوح نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار در مقایسه با سطح شاهد به‌ترتیب ۷/۲۲، ۱۱/۴۱ و ۱۴/۴۷ درصدی کاهش یافت (شکل b–۴). کاهش ارتفاع بوته در سطوح مختلف شوری نیز مشاهده شد، به‌گونه‌ای که ارتفاع بوته در مقادیر شوری ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به‌ترتیب به میزان ۰/۱۸، ۱/۸۹، ۱/۷۹، ۴/۸۶ و ۴/۰۲ درصد کاهش یافت (شکل a–۴).

نتایج مربوط به اثر شوری آب آبیاری بر ارتفاع بوته با پژوهش‌های پریهر و همکاران (۱۶) و پترسون و مورفی (۱۷) همخوانی دارد. همچنین درباره کود نیتروژن به‌نظر می‌رسد حضور نیتروژن باعث تسریع ورود گیاه به رشد زایشی و توقف رشد رویشی و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته می‌شود. در این آزمایش این مسئله به‌وضوح مشاهده شد به‌گونه‌ای که در تیمار سطح ۴ نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار) گیاه در اواخر اسفند وارد مرحله زایشی شد این در حالی بود که برای تیمار سطح ۳، ۲ و ۱ (۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار و شاهد) به‌ترتیب در اوایل فروردین تا اواخر فروردین وارد مرحله زایشی شدند.

اثر برهمکنش شوری آب آبیاری و کود نیتروژن منتج به کاهش ارتفاع بوته شد. بیش‌ترین ارتفاع بوته در استفاده همزمان از شاهد نیتروژن با شوری آب آبیاری ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر کود نیتروژن بر محتوی نسبی آب (RWC) نشان داد که بیش‌ترین RWC (۹۴/۱۵ درصد) در بالاترین سطح کودی نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد (شکل b–۵). در خصوص اثر شوری آب آبیاری بر RWC، نتایج نشان داد که شوری آب آبیاری تأثیری بر RWC نداشت. اگرچه سطوح مختلف شوری از نظر آماری دارای مقادیر RWC یکسانی بودند اما در مقایسه با شاهد، همگی آن‌ها به‌طور معنی‌داری از RWC بیشتری برخوردار بودند. نتایج نشان داد در



شکل ۵. تأثیر شوری آب آبیاری (EC_w) و سطوح نیتروژن (N) بر محتوای نسبی آب **برگ** (RWC)؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

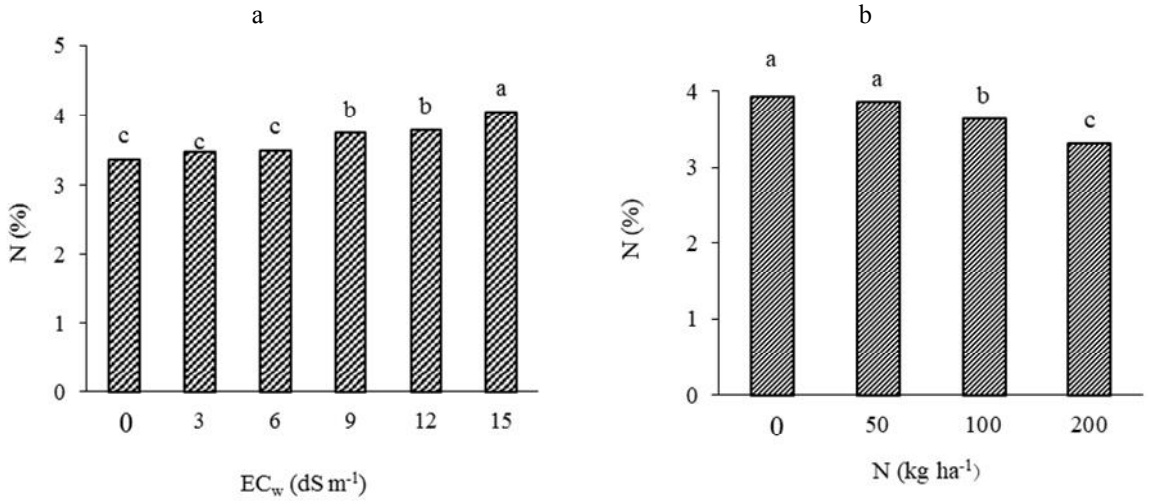
Fig. 5. Effect of irrigation water salinity (EC_w) and nitrogen (N) levels on leaf relative water content (RWC); The columns with dissimilar letters are significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.

مقایسه با تیمار شاهد، سطوح شوری ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به میزان ۳/۸۲، ۳/۵۸، ۴/۱۷، ۵/۴۸ و ۵/۵۷ درصد RWC بیشتری داشتند (شکل a–۵). اثر برهمکنش کود نیتروژن همراه با شوری آب آبیاری باعث افزایش RWC شد، به‌طوری که استفاده از تیمار ترکیبی ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین RWC را ایجاد کرد (جدول ۴).

محتوای نسبی آب برگ (RWC) شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب در گیاه بوده و همچنین وضعیت فراگیرتری از توازن بین عرضه آب و تعرق برگ را نشان می‌دهد (۱۲). با کاربرد کودها به‌ویژه نیتروژن و جذب عناصر غذایی، بر فعالیت‌های سلولی افزوده شده و میزان سوخت و ساز آن افزایش می‌یابد و در نتیجه پتاسیل اسمزی سلول کاهش یافته و موجب جذب بیش‌تر آب و افزایش RWC می‌شود (۲ و ۶). محتوای نسبی آب برگ به‌شدت تحت تأثیر شوری قرار دارد و با افزایش آن کاهش می‌یابد. ولی نتایج این پژوهش نشان داد که شوری آب آبیاری بر RWC تقریباً بی‌تأثیر است. این پدیده ممکن است به‌خاطر سازوکار ویژه این گیاه از جمله وجود غدد نمک روی ساقه و سطح رویی و زیرین برگ که باعث برون‌ریزی نمک و افزایش فشار اسمزی در سلول‌های گیاهی می‌شود، در برابر شوری باشد (۲).

بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نیتروژن در تیمارهای شاهد (۳/۹۱ درصد) و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۳/۳۰ درصد) مشاهده شد. بین تیمار شاهد و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل b–۶). نتایج با داده‌های حاصل از عملکرد بذر و ارتفاع گیاه همخوانی دارد. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به کم توقع بودن این گیاه، افزایش سطوح بالای نیتروژن بر تمامی صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه اثر منفی داشته است. همچنین افزایش شوری موجب افزایش میزان نیتروژن گیاه شد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نیتروژن در دو تیمار ۱۵ دسی‌زیمنس در متر و شاهد به‌ترتیب با مقادیر ۴/۰۴ و ۳/۳۶ درصد (افزایش ۱۶ درصدی) مشاهده شد (شکل a–۶). اثر برهمکنش کود نیتروژن و شوری آب آبیاری بر نیتروژن گیاه نشان داد که عدم مصرف کود نیتروژن همراه با شوری آب آبیاری شاهد بیش‌ترین مقدار نیتروژن را داشت (جدول ۴).

ذخیره انرژی متابولیکی ممکن است اساس کاهش رشد گیاه



شکل ۶. تأثیر شوری آب آبیاری (EC_w) و سطوح نیتروژن (N) بر مقدار نیتروژن گیاه (N%)؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Fig. 6. Effect of irrigation water salinity (EC_w) and nitrogen (N) levels on plant nitrogen content (N%); The columns with dissimilar letters are significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.

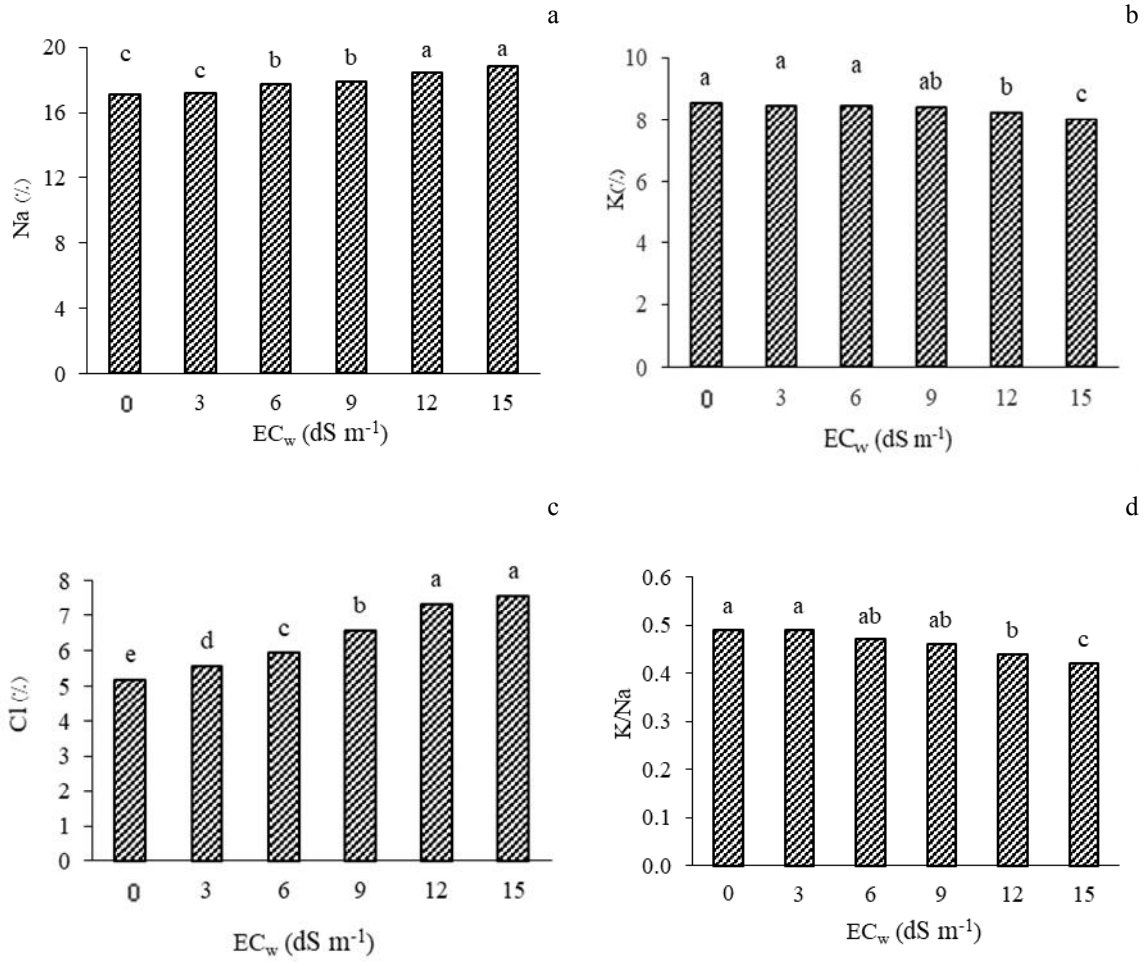
در شرایط تنش شوری باشد. یکی از شاخص‌های مؤثر در تحمل به شوری گیاهان، تنظیم اسمزیل و حفظ آماس سلولی است که با ساخت مواد آلی مانند بتائین، گلایسین، پرولین، سوربیتول و مانیتول انجام می‌شود. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی بیش‌تر شده و انرژی رشد کاهش می‌یابد (۳).

کاهش معدنی شدن نیتروژن می‌تواند به دلیل غلظت زیاد کلرید که باعث کاهش فعالیت باکتری‌ها شده، باشد. بنابراین، غلظت زیاد املاح محلول خاک منجر به جلوگیری از معدنی شدن نیتروژن و در نتیجه کاهش تولید یون نیترات می‌شود. در نتیجه گیاهانی که نیتروژن را تنها به‌صورت نیترات جذب می‌کنند نشانه‌های کمبود نیتروژن را بروز می‌دهند؛ هر چند که مقدار نیتروژن در خاک بسنده باشد (۷). در نتیجه تجمع و توزیع نیتروژن در گیاه تحت تأثیر شوری می‌تواند یک صفت مرتبط با مقاومت به شوری در گیاه مورد توجه قرار گیرد.

نتایج نشان داد که غلظت سدیم در برگ‌ها در محدوده ۱۷/۴ درصد در تیمار شاهد (شوری خاک برابر ۱۳/۱۵ dS m^{-1}) تا ۱۸/۸۲ درصد در تیمار شوری آب آبیاری ۱۵ dS m^{-1} (نظیر شوری خاک برابر ۳۷/۴۶ dS m^{-1}) متغیر بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر مقدار سدیم گیاه نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری مقدار سدیم گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌گونه‌ای که در تیمارهای ۱۵، ۱۲، ۹، ۶ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد، درصد افزایش سدیم گیاه به‌ترتیب برابر ۹، ۹، ۶، ۵ و ۲ به‌دست آمد (شکل a–۷).

نتایج پژوهشی بر روی سه گیاه کینوا، گندم و جو در سطوح شوری مختلف نشان داد، کینوا از نظر میزان جذب سدیم رفتاری شبیه به جو دارد (۲۵). کینوا بر خلاف گونه‌های دیگر اسفناج که میزان سدیم زیادی حتی در شوری کم در خود جمع می‌کنند، سطح نسبتاً پایینی از سدیم در ساقه و برگ خود نگه می‌دارد (۲۵).

داده‌های مقدار پتاسیم گیاه نشان داد که غلظت پتاسیم در برگ‌ها در محدوده ۸/۵۵ درصد در تیمار شاهد (شوری خاک برابر ۱۳/۱۵ dS m^{-1}) تا ۸/۰۲ درصد در تیمار ۱۵ dS m^{-1} (نظیر شوری خاک برابر ۳۷/۴۶ dS m^{-1}) متغیر بود. نتایج تجزیه برگ گیاه کینوا نشان داد که میانگین پتاسیم در برگ برابر ۸/۲ درصد بود. این رقم در مقایسه با میانگین غلظت پتاسیم در



شکل ۷. تأثیر شوری آب آبیاری (EC_w) بر غلظت سدیم (Na)، غلظت پتاسیم (K)، نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) و غلظت کلرید (Cl) در گیاه؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Fig. 7. Effect of irrigation water salinity (EC_w) on plant sodium content (Na), potassium content (K), potassium to sodium ratio (K/Na) and chloride content (Cl); The columns with dissimilar letters are significantly different based on Duncan's test at the probability level of 5%.

گیاهان معمولی (۲-۴ درصد) عدد بسیار بزرگی است (۷)؛ این یافته نشان‌دهنده آن است که کینوا گیاهی سرشار از پتاسیم است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر میزان پتاسیم گیاه نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری پتاسیم گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌گونه‌ای که در تیمارهای ۱۵، ۱۲ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد درصد پتاسیم گیاه به‌ترتیب برابر ۶، ۳ و ۲ درصد کاهش یافت. ضمناً از نظر آماری بین تیمارهای شاهد، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل b-۷).

ژو (۲۶) اظهار می‌دارد که رابطه‌ای آنتاگونیسمی بین سدیم با پتاسیم در گیاه وجود دارد. ویلسون و همکاران (۲۵) گزارش دادند که درصد پتاسیم گیاه کینوا در شوری ۱۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد ۷ درصد کاهش یافت که این روند کاهشی در ریشه گندم حدود ۴۰ درصد بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان پتاسیم گیاه در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد حدود ۶ درصد کاهش یافت.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین، با افزایش شوری نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافت. بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم

در تیمار شاهد و کمترین نسبت در تیمار ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۴۵ مشاهده شد (شکل c–۷).

نسبت پتاسیم به سدیم یکی از عوامل کلیدی در تحمل شوری است و پیشنهاد می‌شود که این ویژگی برای تحمل به شوری در گیاهان مورد بررسی قرار گیرد (۲۶). در ساقه و برگ کینوا افزایش شوری باعث کاهش نسبت پتاسیم به سدیم می‌شود؛ همین اثر در گندم نیز مشاهده می‌شود، که این کاهش نسبت در گندم چشمگیرتر است. توانایی یک گیاه برای انتخاب جذب K در محیط دارای مقدار Na زیاد ممکن است از عوامل مهم مقاومت در برابر شوری باشد (۲۵).

نتایج مقایسه میانگین اثر شوری آب آبیاری بر میزان کلرید گیاه نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری کلرید گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌گونه‌ای که در تیمارهای ۱۵، ۱۲، ۹، ۶ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد، به‌ترتیب به مقدار ۳۱، ۲۶، ۲۱، ۱۳ و ۳ درصد افزایش یافت (شکل d–۷).

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که افزایش ۱۰ برابری غلظت کلرید در محلول خاک به‌ترتیب منجر به افزایش ۳ و ۲ برابری غلظت کلرید در برگ و ساقه گیاه کینوا می‌شود (۲۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش افزایش ۷ برابری غلظت کلرید خاک باعث افزایش ۳ برابری غلظت کلرید برگ گیاه شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، تأثیر شوری آب آبیاری و کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد کل، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب، نیتروژن، پتاسیم، سدیم و کلرید گیاه معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه با مقدار عددی ۸/۷۹ گرم در گلدان در تیمار شاهد شوری آب آبیاری (EC خاک اشباع برابر ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) حاصل شد. این گیاه می‌تواند تنش شوری آب آبیاری برابر ۹ دسی‌زیمنس بر متر (نظیر EC خاک اشباع برابر ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر) با کاهش کم عملکرد نسبت به شاهد (حدود ۱۱ درصد) تحمل کند. از این‌رو با توجه به EC خاک اشباع به‌دست آمده (بیش‌ترین مقدار EC خاک اشباع برابر ۳۸/۴۶ دسی‌زیمنس بر متر)، می‌توان در مناطقی که شوری آب آبیاری و خاک عامل محدودکننده است، آن را پیشنهاد کرد. نتایج نشان داد که افزایش کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار باعث کاهش ۸ درصدی عملکرد کل نسبت به شاهد شد. پژوهش‌های انجام شده در زمین‌های شور نشان می‌دهد که جذب نیتروژن توسط گیاه به‌شدت وابسته به شوری محیط است. افزایش شوری باعث کاهش جذب نیتروژن به‌دلیل کاهش تراوایی ریشه، افزایش غلظت کلرید در محیط ریشه، کاهش فرایند معدنی شدن مواد آلی و همچنین کاهش فعالیت‌های میکروبی، می‌شود (۹). همچنین درباره کود نیتروژن به‌نظر می‌رسد حضور نیتروژن باعث تسریع ورود گیاه به مرحله رشد زایشی با توقف رشد رویشی و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته می‌شود. در این آزمایش این مسئله به‌وضوح مشاهده شد به‌گونه‌ای که در تیمار سطح ۴ نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار) گیاه در اواخر اسفند وارد مرحله زایشی شد این در حالی بود که برای تیمار سطح ۳، ۲ و ۱ (۱۰۰ و ۵۰ شاهد کیلوگرم بر هکتار) به‌ترتیب در اوایل فروردین تا اواخر فروردین وارد مرحله زایشی شدند. با این‌حال می‌توان نتیجه گرفت کینوا گیاهی کم توقع از نظر تغذیه‌ای است و برای جلوگیری از هزینه‌های اقتصادی و آثار زیست‌محیطی، ضروری است استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه براساس آزمون خاک انجام شود. با افزایش شوری آب آبیاری، معدنی شدن آمونیوم کاهش می‌یابد و گیاهانی که نیتروژن را تنها به فرم نیترات جذب می‌کنند، نشانه‌های کمبود نیتروژن را بروز می‌دهند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد افزایش شوری آب آبیاری تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ۶ درصدی پتاسیم و افزایش ۹ درصدی سدیم گیاه کینوا نسبت به شاهد شد، که این تغییرات جزئی در پتاسیم و سدیم گیاه می‌تواند مکانیسم مقاومتی برای کاهش آثار تنش شوری باشد.

منابع مورد استفاده

1. Amal, H., Mona, G., Yasser, A., Maher, E., 2019. Effects of water salinity and nitrogen fertilization on the production of quinoa grown in clay and sandy soils. *Middle East Journal of Agriculture Research* 8(2): 746–754.
2. Bazile, D., Bertero, H.D., Nieto, C., 2015. *State of the art report on quinoa around the world in 2013*.
3. Blokhina, O., Virolainen, E., Fagestedt, K.V., 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: *A review*. *Annuals of Botany* 91: 179–194.

El-Wahab, A., 2006. The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill subsp. vulgare var. vulgare under North Sinai conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Science* 2(6): 571–577.

4. FAO, 2019. FAOSTAT. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC - Frary, A., Doganlar, S., Daunay, M. C. 2007. Eggplant. In; Kole, C. (Ed.), Vegetables SE- 9, Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants. Berlin: Springer, pp. 287–313.
5. Forooghi, L., Ebadi, A., 2012. Effect of nitrogen and sulfur fertilizer application on yield, yield components, and some physiological traits of spring safflower. *Electronic Journal of Crop Production* 5(2): 37–56.
6. Malakooti, M., Homaii M., 2004. Soil Fertility in Arid and Semi-arid Regions Problems and Solutions. Tarbiat Modarres University Publications, Tehran, 488 pp.
7. Jamali, S., Sharifan, H., 2018. Investigation the effect of different Salinity levels on yield and yield components of Quinoa (Cv. *Titicaca*). *Journal of Water and Soil Conservation* 25(2): 251–266.
8. Kafkafi, U., Valoras, N., Letey, J., 1982. Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Plant Nutrition* 5(12): 1369–1385.
9. Koyro, H.W., Eisa, S.S., 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant and Soil* 302(1-2): 79–90.
10. Kumar, J., Singh, S., Singh, M., Srivastava, P.K., Mishra, R.K., Singh, V.P., Prasad, S.M., 2017. Transcriptional regulation of salinity stress in plants: A short review. *Plant Gen* 11: 160–169.
11. Lotfollahi, L., Torabi, H., Omidi, H., 2015. Salinity effect on proline, photosynthetic pigments and leaf relative water content of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in hydroponic condition. *Journal of Plant Production Research* 22(1): 89–104.
12. Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651–681.
13. Munson, R.D., Nelson, W.L., 1990. Principle and practice in plant analysis. In: Westerman, R.L. (Ed), Soil Testing and Plant Analysis. 3rd ed. SSSA. Madison, WI, pp. 359–387.
14. Papan, P., Moeezi, A., Chorom, M., Rahnama, A., 2020. The effect of nitrogen fertilizer on some growth traits and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) irrigated with sugar-cane fields drainage water. *Journal of Iranian Soil and Water Research* 51(6): 1441–1455. (In Persian with English abstract)
15. Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P., Prasad, S.M., 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 22(6): 4056–4075.
16. Peterson, A., Murphy, K., 2015. Tolerance of lowland quinoa cultivars to sodium chloride and sodium sulfate salinity. *Crop Science* 55(1): 331–338.
17. Ryan, J., Estefan, G., Rashid, A., 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. ICARDA.
18. SAS Institute, 2008. Version 9.2. SAS Institute, Carry, NC, USA.
19. Sepahvand, N.A., Prcasi, A., 2015. Study of adaptation and agronomic characteristics of quinoa in Iranshahr. In: 13th Iranian Conference on Agronomy and Plant Breeding Sciences and Third Iranian Seed Science and Technology Conference, Karaj, August 26–28.
20. Sepahvand, N.A., Tavazo, M., Kahbazi, M., 2010. Quinoa is a valuable plant for food security and sustainable agriculture in Iran. In: 11th Iranian Crop Science Congress, Tehran, July 24.
21. Siddiqui, M.H., Khan, M.N., Mohammad, F., Khan, M.M.A., 2008. Role of nitrogen and gibberellin (GA3) in the regulation of enzyme activities and in osmoprotectant accumulation in *Brassica juncea* L. under salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 194(3): 214–224.
22. Silveira, J.A.G., Melo, A.R.B., Viegas, R.A., Oliveira, J.T.A., 2001. Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environmental and Experimental Botany* 46(2): 171–179.
23. Talebnejad, R., Sepaskhah, A.R., 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. *Agriculture Water Management* 148: 177–188.
24. Wilson, C., Read, J.J., Abo-Kassem, E., 2002. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and a wheat variety. *Journal of Plant Nutrition* 25(12): 2689–2704.
25. Zhu, J.K., 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science* 6(2): 66–71.

Morphophysiological Changes of Quinoa in Response to Soil Application of Nitrogen Under Salinity Stress of Irrigation Water

Z. Hemati[1], A. Bostani[1] and M. Bagheri[2*]

(Received: 24 October 2021; Accepted: 16 February 2022)

Abstract

In order to determine the effect of different levels of nitrogen on some traits of quinoa (Giza1 genotype) under salinity stress of irrigation water, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in a greenhouse at Shahed University of Tehran. Nitrogen as the main factor including 0, 50, 100 and 200 kg ha^{-1} was applied at planting time and before flowering stage. The salinity of water including 0, 3, 6, 9, 12 and 15 dS m^{-1} was considered as a sub-factor in the irrigation of pots. The initial soil salinity was 13 dS m^{-1}. Results showed that nitrogen fertilizer and water salinity had a significant effect on the measured morphological and physiological characteristics. The highest yield was obtained in the control treatment. Increasing nitrogen up to 200 kg ha^{-1} decreased grain yield by 8% and increased 1000-seeds weight by 13%. The highest yield (8.79 g pot^{-1}) was obtained in the control treatment of irrigation water. Also, the salinity of irrigation water at 15 dS m^{-1} reduced grain yield and 1000-seeds weight by 30 and 24%, respectively. The relative water content, sodium and chloride contents of the plant increased with increasing water salinity, and plant height, potassium content and K/Na ratio of the plant decreased significantly. Increasing the salinity of irrigation water up to 15 dS m^{-1} caused a 6% decrease in potassium and a 9% increase in quinoa sodium. According to the obtained results, quinoa can be recommended in the areas where salinity of irrigation water and soil as well as low soil fertility are limiting factors.

Keywords: Chlorine, Sodium, Relative water content, Yield.

Background and Objective: Salinity can reduce nitrogen uptake by plants. Reduction of nitrogen ultimately reduces crop growth and yield (3). The purpose of this study was to investigate the effect of nitrogen fertilizer on the growth and yield of quinoa under saline irrigation water.

Methods: The experiment was conducted as factorial in a a completely randomized design with three replications in a greenhouse at Shahed University of Tehran. In this experiment, nitrogen as the main factor including 0, 50, 100 and 200 kg ha^{-1} was applied during planting time and before flowering stage. The salinity of water including 0, 3, 6, 9, 12 and 15 dS m^{-1} was considered as a sub-factor in the irrigation of pots. A total of 72 pots (30 cm diameter and 40 cm height) were prepared and filled with 6 kg of soil. In each replication 10 quinoa seeds (Giza1 genotype) were sown and reduced to 5 buds after establishment. The

1- Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran.
2- Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Education and Promotion Research Organization, Karaj, Iran.
*: Corresponding author Email: m-bagheri@areeo.ac.ir

greenhouse was double-sided, and its walls and roof were made of polyethylene. Temperature, humidity and light were continuously adjusted by installing special sensors and the relative humidity was about 75%.

Results: The highest yield (8.79 g pot^{-1}) was obtained in the control treatment of irrigation water. Also, the salinity of irrigation water at 15 dS m^{-1} compared to the control reduced grain yield and 1000-seeds weight by 30 and 24%, respectively. Studies show that increased water salinity decreases the weight of 1000 seeds (2). The relative water content (RWC), sodium and chlorine contents of the plant increased with increasing salinity, and plant height, potassium content and K/Na ratio of the plant decreased significantly. Increasing the salinity of irrigation water up to 15 dS m^{-1} caused a 6% decrease and a 9% increase in quinoa potassium and sodium, respectively. Grain yield in treatments of 15, 12, 9, 6 and 3 dS m^{-1} decreased by 30, 21, 11, 4 and 6%, respectively.

Conclusions: It can be concluded that quinoa is a plant with low nutritional expectations as reported in the literature (1). With increasing salinity of irrigation water, mineralization of ammonia decreases and quinoa is a plant that takes up nitrogen well in the form of nitrate and ammonium. Therefore, salinity of soil and irrigation water did not negatively affect the nitrogen uptake, which can be the mechanism of resistance of quinoa plant against salinity. Higher rate of nitrogen application (200 kg ha^{-1}) induced plant to enter an earlier reproductive phase in late March, while lower rates delayed this phase (early to late April).

References:

1. Amal, H., Mona, G., Yasser, A., Maher, E., 2019. Effects of water salinity and nitrogen fertilization on the production of quinoa grown in clay and sandy soils. *Middle East Journal of Agriculture Research* 8(2): 746–754.
2. Jamali, S., Sharifan, H., 2018. Investigation the effect of different salinity levels on yield and yield components of Quinoa (Cv. *Titicaca*). *Journal of Water and Soil Conservation* 25(2): 251–266.
3. Papan, P., Moeezi, A., Chorom, M., Rahnama, A., 2020. The effect of nitrogen fertilizer on some growth traits and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) irrigated with sugar-cane fields drainage water. *Journal of Iranian Soil and Water Research* 51(6): 1441–1455. (In Persian with English abstract)