Journal of Plant Environmental Physiology
ISSN: 7671-2423 (Print), 2783-4689 (Online) http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2022.690262;
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.9.2

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) for phytodesalination of some minerals under different water salinity stresses

Sepideh Hosseini[1], Roxana Moogouei[2]*, Seyed Mahdi Borghei[3], Zahra Abedi[4], Mahdi Ramezani[5]

[1]Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2]Department of Environmental Planning, Management, and Education, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran, Email: moogouei_roxana@yahoo.com
[3]Department of Chemical and Petroleum Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
[4]Department of Environmental Economics, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[5]Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Serial 65, 17th year, Number 1, Spring 2022 (40-56)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 2021/02/27
Revised: 2021/05/02
Accepted: 2021/05/15

Keywords
Minerals
Quinoa
Wheat
Desalination
Phytoremediation
hydroponic

Abstract

Lack of available water resources, especially in arid and semi-arid regions of Iran and salinity of a significant volume of these resources, as well as salinization of fresh water resources have posed serious problems for the farmers. Therefore, it is critical to develop cultivation of halophytes and desalinate water and soils. This study was conducted to evaluate the growth and desalination capacity of quinoa and wheat plants in greenhouse and hydroponic. The study was conducted in the form of a two-factor factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications. The treatments included 4 salinity levels of zero (control), 5, 10, and 15 dS/m and two species of wheat and quinoa. In this study, traits such as total plant dry weight, accumulation of calcium, magnesium, sodium, potassium and total plant chlorine, and the efficiency of water uptake by plants were measured. Results showed that quinoa was more capable of absorbing and accumulating elements than wheat and was resistant to salinity stress. The concentrations of sodium, chlorine, and magnesium increased significantly in wheat and quinoa plants. Also, the efficiency of adsorption of sodium, chlorine, and magnesium from water increased significantly in wheat and quinoa plants with increasing the salinity level. The results also showed that the concentrations of calcium and potassium in wheat and quinoa decreased with increasing salinity. In general, quinoa showed a significant superiority in dry weight production and bioaccumulation efficiency compared to wheat. Therefore, it can be considered as an alternative plant for cultivation in salinity and adverse water conditions.

Please cite this article as Sepideh Hosseini, Roxana Moogouei, Seyed Mahdi Borghei, Zahra Abedi, Mahdi Ramezani. 2022. Potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) for phytodesalination of some minerals under different water salinity stresses. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 65(1): 40-56.

© 2022. All Rights Reserved

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی

http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir شاپا: (چاپی) ۲۴۲۳-۷۶۷۱ (آنلاین) ۴۶۸۹-۲۷۸۳،

Doi: 10.30495/iper.2022.690262;
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.9.2

CC BY NC

بررسی کارایی گندم (*Triticum aestivum* L.) و کینوا (*Chenopodium quinoa* Wild.) جهت شوری زدائی برخی عناصر معدنی تحت تنش‌های مختلف شوری آب

سپیده حسینی[۱]، رکسانا موگوئی[۲]*، سیدمهدی برقعی[۳]، زهرا عابدی[۴]، مهدی رمضانی[۵]

[۱]گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۲]گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، رایانامه: moogouei_roxana@yahoo.com

[۳]گروه مهندسی شیمی و نفت، دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

[۴]گروه اقتصاد محیط زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۵]گروه تخصصی منابع طبیعی- علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

سال هفدهم، شماره ٦٥، بهار ١٤٠١ / صفحات: ٥٦-٤٠

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹
تاریخ ویرایش:۱۴۰۰/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

واژه‌های کلیدی:
مواد معدنی
شوری زدائی
کینوا، گندم
گیاه‌پالایی
هیدروپونیک

چکیده

کمبود منابع آبی دردسترس در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور ایران و شوری حجم قابل توجهی از این منابع کشاورزان را با مشکل جدی مواجه کرده است. بنابراین توسعه کشت گیاهان شورپسند و جذب نمک‌ها از آب و خاک‌های شور ضروری می‌باشد. این پژوهش برای ارزیابی توانایی رشد و کاهش شوری آب توسط دو گیاه کینوا و گندم به صورت گلخانه‌ای و هیدروپونیک اجرا شد. این تحقیق در قالب آزمایش فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار صورت گرفت. تیمارها شامل ٤ سطح شوری صفر (شاهد)، ٥، ١٠ و ١٥ دسی زیمنس بر متر (حاصل اختلاط آب دریاچه نمک عقدا با آب شهر) و دو گونه گندم و کینوا بود. در این تحقیق صفاتی چون وزن خشک کل بوته، میزان تجمع عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلر کل بوته و کارایی جذب عناصر از آب و شوری‌زدایی توسط گیاهان اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که گیاه کینوا نسبت به گندم توانایی بیشتری در شوری‌زدائی، جذب و انباشت عناصر در خود داشته و به عنوان گیاهی مقاوم در برابر تنش شوری بود. نتایج نشان داد که غلظت سدیم، کلر و منیزیم در بوته برای گندم و کینوا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. میزان کارایی جذب سدیم، کلر و منیزیم از آب نیز برای گندم، کینوا به‌طور معنی‌داری با افزایش شوری افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که غلظت عناصر کلسیم و پتاسیم در گندم و کینوا با افزایش شوری کاهش یافتند. به‌طورکلی کینوا برتری معنی‌داری در تولید ماده‌ی خشک، جذب و کارایی جذب عناصر نسبت به گندم نشان داد به همین دلیل می‌تواند از این گیاه به‌عنوان یک گیاه جایگزین برای کشت در شرایط شوری و وجود آب‌های نامتعارف دانست.

استناد: سپیده حسینی، رکسانا موگوئی، سیدمهدی برقعی، زهرا عابدی، مهدی رمضانی. (۱۴۰۱). بررسی کارایی گندم (*Triticum aestivum* L.) و کینوا (*Chenopodium quinoa* Wild.) جهت شوری زدائی برخی عناصر معدنی تحت تنش‌های مختلف شوری آب. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ٦٥ (١)، ٥٦-٤٠.

مقدمه

میانگین بارندگی کشور ایران ۲۵۰ میلی‌متر در سال می باشد، بنابراین علاوه بر بارندگی کم و نامناسب از نظر زمانی و مکانی، وجود تبخیر و تعرق زیاد در سال‌های گذشته، مشکل آب را در ایران بیش از هر زمانی تشدید کرده است (Heydari, 2007). همچنین بیش از ۱۱ درصد از کل منابع آب کشور (۱۰۰ میلیارد مترمکعب)، شوری بیش از ۲/٤ دسی زیمنس بر متر دارد (Shiati, 1998)، همچنین میانگین شوری ۱۷ رودخانه با جریان پایین دستی نیز، در حدود ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر است (Qodratnema, 1998) که نشان می‌دهد که بسیاری از رودخانه‌های مناطق مرکزی، جنوب، جنوب غرب کشور ایران شور و لب‌شور هستند (Shiati, 1998). در حال حاضر حدود ۱/۷۳ میلیارد مترمکعب از منابع آب زیرزمینی شور کشور نیز با شوری بیش از ۷ دسی زیمنس بر متر در حوزه‌های رودخانه‌های مهم کشور وجود دارد (Nairizi, 2008). با توجه به اینکه در بسیاری از نقاط جهان و کشور ایران، تنها منبع آب شیرین موجود آب‌های زیرزمینی می‌باشند، استفاده‌ی بی‌رویه از این منابع افت چشمگیری را در سطح سفره‌های زیرزمینی آب شیرین ایجاد شده است. این افت چشمگیر، شور شدن سطح سفره‌های آب زیرزمینی را نیز به همراه داشته است، به گونه‌ای که در بسیاری از نقاط کشور به‌ویژه استان‌های مرکزی (یزد، اصفهان، کرمان و...) آب بسیاری از چاه‌ها به دلیل شور شدن قابلیت استفاده در بخش کشاورزی را ندارند (Heydari, 2007).

پیش‌بینی می‌شود بیش از ٦۵ درصد از جمعیت جهان در سال ۲۰۲۵ با کمبود آب مواجه باشند (WHO, 2011). بنابراین تغییر کیفیت آب و شور شدن منابع آب کشاورزی مسئله‌ای مهم و قابل توجه است. شوری تنش محیطی مهمی است که یکی از علل عمده‌ی مهم کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی در جهان نیز می‌باشد (Canama et al., 2013). سالانه ۱۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی جهان در اثر شوری حاصل از آبیاری و به دلیل شوری ثانویه ناشی از فعالیت‌های بشر از چرخه‌ی تولید خارج و به زمین‌های غیرقابل کاشت تبدیل می‌شوند (Pessarakli and Szabolcs, 2011). بنابراین با توجه به رشد جمعیت جهان و وجود منابع عظیم آب‌های شور به ویژه در نواحی ساحلی و استفاده از آن‌ها برای آبیاری گیاهان در مناطقی که با کمبود آب شیرین مواجه است نمک‌زدایی از آب‌های شور، اهمیت روزافزونی پیدا کرده است. بنابراین انتخاب و توسعه‌ی یک فرآیند نمک‌زدایی کارآمدتر و کم‌هزینه‌تر از روش‌های موجود، نیاز ضروری است (Arab, 2005; Moazemi, 2004). در میان روش‌های موجود، گیاه‌پالایی روشی آسان، در دسترس و دوستدار محیط‌زیست و ارزان برای حذف آلاینده‌های مختلف از آب، خاک و... شناخته شده است (Almansoory et al., 2015). منظور از گیاه‌پالایی کاربرد گیاهان برای رفع، کاهش یا کنترل آلودگی موجود در آب و خاک است. گیاهان با استفاده ریشه آلودگی را از آب و خاک جذب کرده و به ساقه، برگ و دیگر بافت‌های خود انتقال می‌دهد (Guittonny-Philippe et al., 2015). توجه به بازدهی اقتصادی، سرعت رشد، تکثیر و عملکرد گیاه و همچنین مصرف تولیدات گیاه‌پالایی به منظور تولید علوفه و یا استفاده از آن به‌عنوان یک منبع انرژی نیز حائز اهمیت می‌باشد (Khorsandi et al., 2011).

یکی از گیاهانی که تحت شرایط خشکی و کم‌آبی محصول می‌دهد گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* wild.) است. کینوا یک گیاه شوری اختیاری است و قادر است شوری آب تا حد شوری آب دریا (ds/m ٤۰) را تحمل نماید (Adolf et al., 2012). مقاومت

بالای کینوا به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری و تنش خشکی موجب شده است که این گیاه سازگاری وسیعی به شرایط مختلف اقلیمی داشته باشد (Bhargava et al., 2007). این گیاه به‌عنوان یک گیاه جدید در کشورهای مختلفی مانند اروپا، آمریکای شمالی، آفریقا، پاکستان، چین و هند با موفقیت کشت شده است (FAO, 2014). در این راستا گزارش شده است که این گیاه در شرایطی که آب دریا تا ۳۰ درصد رقیق شود تأثیر معنی‌داری روی خصوصیات رشدی و مرفولوژیکی این گیاه ندارد (Sharifan et al., 2018). در بررسی دیگری گزارش شد که عناصر سدیم و پتاسیم و فسفر با افزایش میزان شوری آب در محلول خاک افزایش می‌یابد و با افزایش میزان شوری آب از شاهد به ۱۵ دسی زیمنس بر متر میزان میزان عنصر سدیم در گیاه کینوا از ۹/۱۲ به ۲۸/۳۵ درصد افزایش، میزان عنصر پتاسیم در گیاه کینوا از ٤/٨٦ به ۱۰/۹٦ درصد افزایش و میزان عنصر فسفر نیز ۰/۱٤ به ۰/۲ درصد افزایش داشته است (Khalili et al., 2019).

گندم (*Triticum aestivum*) نیز یکی از محصولات مهم و استراتژیک بوده و با ارزش‌ترین ماده‌ی غذایی مردم جهان، به خصوص در کشورهای جهان سوم است (Jaberifar et al., 2011). گندم علاوه بر تأمین انرژی مورد نیاز، بخش زیادی از پروتئین، املاح و ویتامین‌های گروه B مورد نیاز بدن را تأمین می‌کند (Rajabzadeh, 2001). باتوجه به افزایش پیوسته‌ی تقاضای جهانی برای گندم و سایر غلات، تداوم افزایش تولید آن به منظور تأمین غذا اهمیت زیادی دارد (Mohammad Doust Chamanabad et al., 2010). گزارش شده است که خصوصیات رشدی و تولید ماده خشک گندم با قرار گیری در شرایط شوری به معنی‌داری کاهش می‌یابد (Babaie-Zarch and Mahmoodi, 2014). در بررسی اثر تنش شوری روی تجمع عناصر در گیاه گندم گزارش شد که با افزایش شوری نسبت به شاهد میزان سدیم و کلر در اندام هوایی و ریشه افزایش معنی‌دار داشت، همچنین اختلاف مقادیر یون‌های سدیم و کلر اندام هوایی و سدیم ریشه‌ها ما بین گیاهان تحت تیمار شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار نیز معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد که میزان پتاسیم و نسبت یون پتاسیم به یون سدیم و نیترات در اندام هوایی و ریشه گیاه گندم با افزایش شوری کاهش معنی‌داری یافت (Maghsoumi Holasoo and Pourakbar, 2014).

با توجه به تحمل بالای کینوا به تنش شوری و توان تولید اقتصادی این گیاه با منابع آبی که قابل استفاده برای گیاهان زراعی معمول نیست تعیین کارایی گیاه در سطوح مختلف شوری در محیط کشت هیدروپونیک مورد بررسی قرار نگرفته است به همین دلیل همراه گیاه گندم جهت بررسی میزان رشد و جذب عناصر از آب در شرایط شوری مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پایلوتی در مقیاس آزمایشگاهی و به‌منظور شبیه‌سازی سیستم‌های کشت هیدروپونیک در گلخانه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری استان یزد واقع در دشت یزد در سال ۱۳۹۸ انجام شد.

مراحل کشت هایدروپونیک گیاهان: بذر گیاهان کینوا (رقم تی‌تی‌کاکا) و گندم (رقم روشن) از مرکز ملی تحقیقات شوری یزد تهیه، سپس این بذرها به سینی کشت حاوی دانه‌های پرلیت و کوکوپیت منتقل شدند و بعد از دو ماه گیاهان از سینی کشت خارج شده و پس از شستشوی ریشه‌ها با آب مقطر به محیط کشت هیدروپونیک حاوی محلول هوگلند انتقال یافتند. پس از مدت ١٤ روز گیاهان از محلول هوگلند خارج و پس از شستشوی مجدد ریشه، گیاهچه‌های

هم‌اندازه و مشابه به تیمارهای آزمایش (سطوح شوری) انتقال داده شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شدند. تیمارهای آزمایش شامل سطوح تنش شوری صفر (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر (تیمارهای شوری با استفاده از آب دریاچه نمک واقع در جاده عقدا- اردکان استان یزد تهیه شد (جدول ۱) و دو گیاه کینوا و گندم بود. در این تحقیق برای تهیه تیمارهای شوری از اختلاف آب شور دریاچه نمک و آب شهر (با شوری ۰/۵ دسی زیمنس بر متر) استفاده گردید.

جدول ۱: خصوصیات شیمیایی آب دریاچه نمک (نسبت ۱:۵۰) برای اعمال تیمارهای آزمای

EC (دسی زیمنس بر متر)	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Na^+	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}	نسبت جذب سدیم
		(meq l^{-1})								
۱۰/۰۱	۸/۰۱	۳/۲۶	۱۲/۸۸	۰	۲/۷۷	۸۰/۷۳	۰/۲۱	۸۶/۴۸	۷/۸۲	۲۸/۸۳

به منظور برآورد تأثیرات فیزیکی- شیمیایی مانند ته‌نشینی و هوادهی، چهار ظرف خالی (بدون گیاه) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از پایان دوره‌ی آزمایش، یعنی ۲۸ روز پس از اعمال تیمارهای شوری، گیاهان از محیط کشت خارج و صفاتی زیر اندازه گیری شدند:

وزن خشک کل بوته: جهت تعیین وزن خشک گیاهان مورد آزمایش، پس از برداشت بوته‌ها، به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵ ±۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد، سپس وزن خشک آن‌ها با ترازوی دیجیتالی تعیین شد (Shelef et al., 2012).

میزان تجمع عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلر در بوته: جهت تعیین عناصر موجود در کل بوته (مجموع ریشه، ساقه، برگ، گل آذین) گیاهان مورد آزمایش، نمونه‌ها به آزمایشگاه خاکشناسی مرکز ملی تحقیقات شوری منتقل شد و نمونه‌ها جهت تعیین غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با روش هضم خشک آماده گردید. برای این منظور مقدار دو گرم از نمونه‌های گیاهی خشک شده در آون و پودر شده را داخل بوته‌های چینی ریخته، سپس بوته‌های چینی حاوی نمونه‌های گیاهی به‌مدت ۸ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند، سپس ده میلی‌لیتر HCL دو نرمال به هر یک از نمونه‌ها افزوده و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خاکستر به طور کامل هضم شود. در نهایت محتویات داخل بوته‌ی چینی را از کاغذ صافی عبور داده و در داخل بالن به حجم رسانده شد. سپس به منظور تعیین میزان سدیم و پتاسیم گیاه از روش شعله‌سنجی با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و جهت سنجش میزان کلسیم و منیزیم از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید. اندازه‌گیری کلر نیز با استفاده از ماده خشک کل گیاه و با استفاده از روش موهر (ارائه شده توسط جانسون و آلریچ (Johnson and Ulrich, 1959) انجام شد.

کارایی جذب عناصر از آب توسط گیاهان: تعیین کارایی جذب عناصر از آب با استفاده از رابطه (۱) بود. در این رابطه C_1 نشان‌دهنده غلظت اولیه عناصر در تیمارهای آزمایش (سطوح شوری) و C_2 نشان دهنده غلظت نهایی عناصر در تیمارهای آزمایش (سطوح شوری) می‌باشد. R نیز نشان دهنده درصد کارایی جذب عناصر از آب می‌باشد.

جدول ۲: تجزیه واریانس میانگین مربعات وزن خشک بوته و میزان جذب عناصر انباشت شده در گیاه و کارایی جذب آن‌ها از آب

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک بوته	کلسیم بوته	پتاسیم بوته	سدیم بوته	کلر بوته	منیزیم بوته	کارایی جذب کلسیم از آب	کارایی جذب پتاسیم از آب	کارایی جذب سدیم از آب	کارایی جذب کلر از آب	کارایی جذب منیزیم از آب
		میانگین مربعات										
بلوک	۲	۰/۰۱۶۸	۰/۰۲۲۴	۱/۲۴۶**	۳/۰۰۰۸	۳/۶۳۰۸	۰/۰۲۱۲۳	۱۴/۱۵۰۴	۲۴/۷۵۶	۲۵/۲۱۰	۰/۷۸۴	۱۵/۹۵۳
گونه گیاهی (A)	۱	۹/۱۷۴**	۲۵/۷۲**	۱۱۷/۱۰**	۱۶۷/۱۵۴**	۱۳/۹۶۵**	۱۴/۲۸۶**	۱۱۸۷/۷۲**	۴۸۲/۹۲۱**	۷۰۵/۱۵۴**	۶۵/۴۵۸*	۱۲۵/۳۱۸**
سطوح شوری (B)	۳	۰/۰۰۷۲	۶/۱۲۱**	۹/۳۹۹**	۱۵۲/۳۸۷**	۱۵۴/۴۷**	۰/۹۱۴**	۱۳۱۷/۹۳**	۵۸۴/۴۱۵**	۱۵۸/۶۱۲**	۹۱/۲۹۴**	۲۵۰/۶۹۷**
A*B	۳	۰/۱۵۸**	۱/۶۹۳**	۰/۲۸۳	۲۱/۲۰۲**	۱۳/۵۵۳**	۰/۰۵۹۸**	۲۰/۴۹۸	۸۲/۵۴۷*	۳۲/۶۱۹	۱۹/۹۴	۴/۴۴۵
خطا (error)	۱۴	۰/۰۲۴۹	۰/۰۲۴۷	۰/۱۶۹	۱/۱۳۹۵	۱/۱۵۶	۰/۰۰۹۲	۴۶/۴۱۴	۲۱/۲۴۱	۱۱/۸۸۴	۱۱/۰۷۸	۱۱/۶۸۲
ضریب تغییرات (CV)		۱۲/۶۶	۱۲/۶۶	۷/۲۱	۵/۰۶	۱۳/۱۳	۹/۸۷	۵/۰۷	۲۰/۴۵	۲۳/۵۷	۱۹/۴۶	۲۵/۶۸

** و * به ترتیب نشان از معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

رابطه (۱) $R = \frac{C1-C2}{C1}$

تجزیه و تحلیل آماری

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. دیگر محاسبات نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج

وزن خشک کل بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک کل بوته تحت‌تأثیر نوع گونه و اثر متقابل بین سطوح مختلف شوری و نوع گونه‌ی مورد بررسی قرار گرفت (P<۰/۰۱) (جدول ۲). با افزایش میزان شوری آب وزن خشک بوته گندم کاهش و وزن خشک بوته‌ی کینوا افزایش معنی‌دار داشت. با افزایش میزان شوری از صفر به ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری در میزان وزن خشک بوته‌ی کینوا مشاهده نشد ولی در سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر وزن خشک بوته کینوا افزایش ۱۹/۸ درصدی معنی‌داری نسبت یه شاهد یافت. وزن خشک بوته‌ی گندم بر خلاف وزن خشک بوته‌ی کینوا با افزایش شوری کاهش معنی‌دار داشت (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک بوته

تیمارهای آزمایش		وزن خشک بوته (گرم در بوته)
گونه‌های گیاهی	کینوا	۱/۸۶^{a}
	گندم	۰/۶۲۵^{b}
سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر)	۰	۱/۲۸^{a}
	۵	۱/۲۷^{a}
	۱۰	۱/۲۱^{a}
	۱۵	۱/۲۲^{a}
کینوا	۰	۱/۷۱^{b}
	۵	۱/۸۸^{ab}
	۱۰	۱/۸۱^{ab}
	۱۵	۲/۰۵^{a}
گندم	۰	۰/۸۵^{c}
	۵	۰/۶۶^{cd}
	۱۰	۰/۶۰^{cd}
	۱۵	۰/۳۹^{d}

عدم وجود حروف مشترک در هر سطح و در هر بخش نشان از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

هر چند میزان وزن خشک بوته‌ی گندم در شوری‌های صفر، ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشت اما در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد کاهش ۵۳/۳ درصدی داشت. همچنین نتایج نشان داد که وزن خشک بوته‌ی کینوا در این تحقیق به‌طور میانگین ۱/۸۶ گرم در بوته بود

که این میزان برای گندم به ٦٦/٢ درصد اختلاف به‌میزان ۰/٦٢ گرم در بوته رسید (جدول ۳).

تجمع انباشت کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلر بوته گیاهان: نتایج نشان داد که میزان کلسیم شده در بوته تحت‌تأثیر معنی‌دار نوع گونه‌ی گیاهی، سطوح شوری و اثر متقابل بین نوع گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲). به‌طور میانگین میزان کلسیم کل بوته در گیاه کینوا ٦٤ درصد بیشتر از میزان کلسیم بوته در گیاه گندم بود. در این تحقیق به‌طور میانگین میزان کلسیم بوته در کینوا و گندم به‌ترتیب به میزان ۳/۲۱ و ۱/۱٤ گرم بود. نتایج همچنین نشان داد که میزان کلسیم انباشت شده در بوته و میزان کارایی جذب کلسیم از آب برای هر دو گیاه کینوا و گندم به طور معنی‌داری با افزایش میزان شوری کاهش یافت. با افزایش میزان شوری از صفر به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر میزان انباشت کلسیم در بوته‌ی کینوا به‌ترتیب به میزان ٤٥/٩، ٥٦ و ٦٢/٢ درصد کاهش و برای گیاه گندم نیز به ترتیب ۳۱/۲، ٥٧/٤ و ٤٨/٢ درصد کاهش یافت (جدول ٤).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان پتاسیم انباشته‌شده در بوته‌های کینوا و گندم تحت تأثیر معنی‌دار نوع گونه‌ی گیاهی در سطوح شوری (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲). به‌طور میانگین میزان پتاسیم انباشته شده در گیاه کینوا بیش از گندم بود؛ بدین‌صورت که به طور میانگین میزان پتاسیم بوته کینوا و گندم به ترتیب به میزان ۱۰/۳٤ و ٥/٩٢ گرم بود اختلاف میزان پتاسیم بین این دو گیاه ٤٢/٧ درصد بود. نتایج همچنین نشان داد که میزان پتاسیم انباشته‌شده در بوته و میزان کارایی جذب پتاسیم از آب برای هر دو گیاه کینوا و گندم به طور معنی‌داری با افزایش میزان شوری کاهش یافت. با افزایش میزان شوری از صفر به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر میزان انباشت پتاسیم در بوته‌ی کینوا به‌ترتیب به میزان ۱٦/۱۳، ۲۳/۹۰ و ۲٦/۱٥ درصد کاهش و برای گیاه گندم نیز به ترتیب ۱۸/۰۱، ۲۷/۸٤ و ۳۱/٥٤ درصد کاهش یافت (جدول ٤).

میزان سدیم انباشته شده در بوته به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر نوع گونه‌ی گیاهی، سطوح شوری و اثر متقابل بین نوع گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲). در این تحقیق به طور میانگین میزان سدیم بوته‌ی کینوا و گندم به ترتیب ۱۰/۷٦ و ٥/٤٨ گرم بود که به طور میانگین افزایش ٤۹ درصدی میزان سدیم کل بوته‌ی کینوا نسبت به بوته‌ی گندم را نشان می‌دهد (جدول ۳). همچنین افزایش معنی‌داری در میزان سدیم انباشته‌شده در بوته و میزان کارایی جذب سدیم از آب برای هر دو گیاه کینوا و گندم با افزایش میزان شوری مشاهده گردید. با افزایش میزان شوری از صفر به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر میزان انباشت سدیم در بوته‌ی کینوا به‌ترتیب ٤۲۲، ۷۱٤ و ۸۸۷ درصد افزایش و برای گیاه گندم نیز به‌ترتیب ۲٦۳، ۳٦۷ و ٥٥۸ درصد افزایش یافت (جدول ٤).

نتایج نشان داد که میزان کلر انباشته‌شده در بوته‌های کینوا و گندم تحت‌تأثیر معنی‌دار نوع گونه‌ی گیاهی، سطوح شوری و اثر متقابل بین نوع گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری در سطح یک درصد (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲). به‌طور میانگین میزان کلر کل در بوته‌ی گندم ۱٥/٦٤ درصد کمتر از میزان کلر در بوته‌ی کینوا بود. در این تحقیق به‌طور میانگین میزان کلر در بوته‌های کینوا و گندم به‌ترتیب ۱۲/۰۱ و ۱۰/۱۲ گرم بود. میزان کلر انباشته‌شده در بوته و میزان کارایی جذب کلر از آب برای هر دو گیاه کینوا و گندم به‌طور معنی‌داری با افزایش میزان شوری افزایش داشته است. با افزایش میزان شوری از صفر به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی زیمنس بر متر میزان انباشت کلر در بوته‌ی کینوا به‌ترتیب با ۱۳۱، ۲۳٤ و

۳۰۲ درصد افزایش به میـزان ۱۰/٤۰، ۱۵/۰۳ و ۱۸/۰۹ گرم رسید؛ برای گیاه گندم نیز میزان کلـر انباشته‌شـده در بوته به‌ترتیب با ٦۸، ۹۹ و ۱۵۷ درصد افـزایش بـه میـزان ۹/٤۲، ۱۱/۱۲ و ۱٤/۳٦ گـرم افـزایش یافـت (جدول ٤).

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت عناصر انباشت شده در گیاه

تیمارهای آزمایش		پتاسیم بوته	سدیم بوته	کلر بوته	کلسیم بوته	منیزیم بوته
		گرم بر صد گرم وزن خشک بوته (٪)				
گونه‌های گیاهی	کینوا	۱۰/۳٤a	۱۰/۷٦a	۱۱/٦۵[a]	۳/۲۱a	۲/٦٦[a]
	گندم	۵/۹۲b	۵/٤۸b	۱۰/۱۲b	۱/۱٤b	۱/۱۲b
سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر)	۰	۹/۸۷a	۱/۵۷d	٤/۳۳d	۳/٦۳a	۱/٤۱d
	۵	۸/۲b	۷/۱٤c	۹/۹۱c	۲/۰۹b	۱/۸۰c
	۱۰	۷/۳٦c	۱۰/٤۵b	۱۳/۰۸b	۱/۵۸c	۲/۰۱b
	۱۵	۷/۰۹d	۱۳/۳۱a	۱٦/۲۳a	۱/٤۰c	۲/۳۵a
کینوا	۰	۱۲/۳۹a	۱/۷۷e	۳/۰۸e	۵/٤۵a	۲/۰۷d
	۵	۱۰/۳۹a	۹/۲۷c	۱۰/٤۰cd	۲/۹٤b	۲/۵۳c
	۱۰	۹/٤۳a	۱٤/٤٦b	۱۵/۰۳b	۲/٤۰c	۲/۸٤b
	۱۵	۹/۱۵a	۱۷/۵۳a	۱۸/۰۹a	۲/۰٦d	۳/۲۳a
گندم	۰	۷/۳٤a	۱/۳۸e	۵/۵۹e	۱/۸۰d	۰/۷٦g
	۵	٦/۰۲a	۵/۰۱d	۹/٤۲d	۱/۲٤e	۱/۰۸f
	۱۰	۵/۳۰a	٦/٤٤d	۱۱/۱۲c	۰/۷٦f	۱/۱۹f
	۱۵	۵/۰۲a	۹/۰۹c	۱٤/۳٦b	۰/۷۵f	۱/٤۷e

عدم وجود حروف مشترک در هر سطح و در هر بخش نشان از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

میزان منیزیم انباشته‌شده در بوتـه‌ی کینـوا و گنـدم بـه‌طور معنـی‌داری تحت‌تـأثیر نـوع گونـه‌ی گیـاهی، سطوح شوری و اثر متقابل بین نوع گونـه‌ی گیـاهی و سطح شوری (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان داد به طور میانگین میزان منیزیم کل در بوته‌های گندم ۵۷/۸ درصد کمتر از میزان منیـزیم در بوتـه‌های کینوا بود. در این تحقیق به طور میانگین میزان منیـزیم در بوته در گیاهان کینـوا و گنـدم بـه ترتیـب ۲/٦٦ و ۱/۱۲ گرم بود. همچنین نتـایج نشـان داد کـه کـارایی جذب منیزیم از آب نیز برای گیاه کینـوا ۱۸/٤ درصـد بیش از گیاه گنـدم بـود (جـدول ٤). همچنـین میـزان منیـزیم انباشته‌شـده در بوتـه و میـزان کـارایی جـذب منیزیم از آب برای هر دو گیاه کینوا و گنـدم بـه طـور معنی‌داری با افزایش میزان شوری افزایش داشته است. با افزایش میزان شوری از صفر بـه ۵، ۱۰ و ۱۵ دسـی زیمنس بر متر میزان انباشت منیزیم در بوته‌ی گندم به ترتیب با ٤۲/٦۷، ۵٦/٤٦ و ۹۳/۵۰ درصد افـزایش بـه ۱/۰۸، ۱/۱۹ و ۱/٤۷ گرم رسید؛ برای گیـاه کینـوا نیـز میزان منیزیم انباشته‌شده در بوته بـه‌ترتیـب بـا ۲۱/۸۸، ۳٦/۹ و ۵۵/۵۷ درصد افزایش به ۲/۵۳، ۲/۸٤ و ۳/۲۳ گرم افزایش یافت (جدول ٤).

کارائی جذب کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلـر از آب: نتایج تجزیـه واریـانس نشـان داد کـه کـارایی جذب کلسیم از آب تحت‌تأثیر معنی‌دار نـوع گونـه‌ی گیـاهی و سـطوح شـوری در سـطح یـک درصـد (P<۰/۰۱) قرار گرفتـه اسـت (جـدول۲). اثـر متقابـل گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری نیز روی میزان کـارایی جذب کلسیم از آب معنی‌دار نبود (جدول ۲). کـارایی

جذب کلسیم از آب برای کینوا و گندم با افزایش میزان شوری از صفر به ۱۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۵۷/۹ و ٦۱/۸ درصد کاهش به میزان ۲٦/۵٦ و ٦۱/۸ درصد رسید. بیش‌ترین میزان کارایی جذب کلسیم از آب در این تحقیق در شوری شاهد (صفر دسی زیمنس بر متر) برای گیاه کینوا به میزان ٦۳/۱ درصد مشاهده شد (جدول ٤). همچنین نتایج نشان داد که کارایی جذب کلسیم از آب نیز برای گیاه کینوا ۳٤/۸۷ درصد بیش از گیاه گندم بود. به طور میانگین برای گیاه کینوا ٤۰/۳ درصد و برای گیاه گندم ۲٦/۲۷ درصد کارایی جذب کلسیم از آب نسبت به شاهد قبل از انتقال گیاه به آب ثبت شد (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارایی جذب پتاسیم از آب تحت تأثیر معنی‌دار نوع گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری (P<۰/۰۱) و اثر متقابل بین نوع گونه گیاهی و سطوح شوری (P<۰/۰۵) قرار گرفته است (جدول ۲). کارایی جذب پتاسیم از آب با افزایش میزان شوری از صفر به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر برای گیاه گندم به ترتیب به میزان ۲٤/۹، ۲۹/۹ و ۷٦/۲ درصد کاهش و برای گیاه کینوا به ترتیب به میزان ٤٤/۸، ۵۵/۱ و ۷۲/٦ درصد کاهش داشت. بیش‌ترین میزان کارایی جذب پتاسیم از آب در این تحقیق در شوری شاهد (صفر دسی زیمنس بر متر) برای گیاه کینوا به میزان ٤۲/۲۹ درصد مشاهده شد و کمترین میزان جذب پتاسیم از آب نیز برای گیاه گندم در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر به میزان ۵/۳ درصد بود (جدول ۵). کارایی جذب پتاسیم از آب نیز به طور میانگین برای گیاه کینوا ۲٤/۰۳ درصد و برای گیاه گندم ۱۵/۰٦ درصد بود. نتایج نشان داد که گیاه کینوا ۳۷ درصد بیش از گیاه گندم توانایی جذب پتاسیم از آب را داشت (جدول ۵).

نتایج نشان داد که کارایی جذب سدیم از آب تحت‌تأثیر معنی‌دار نوع گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری در سطح یک درصد (P<۰/۰۱) قرار گرفته است (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که کارایی جذب سدیم از آب برای گیاهان کینوا و گندم با افزایش میزان شوری از صفر به ۱۵ دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب با ۱۱۷/۹ و ۱۰۹/۸ درصد افزایش داشته است و میزان کارایی این دو گیاه برای جذب سدیم از آب به ترتیب به میزان ۳۱/۸ و ۱٤/۱ درصد بود (جدول ٤). کارایی جذب سدیم از آب نیز برای گیاه کینوا ٤٦/۸٦ درصد بیش از گیاه گندم بود (جدول ۵). برای گیاه کینوا ۲۳/۱۲ درصد و برای گیاه گندم ۱۲/۲۸ درصد کارایی جذب سدیم از آب نسبت به شاهد قبل از انتقال گیاه به تیمارهای آزمایشی مشاهده شد (جدول ۵).

کارایی جذب کلر از آب تحت‌تأثیر معنی‌دار نوع گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری (P<۰/۰۱) قرار گرفته است (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که کارایی جذب کلر از آب برای گیاهان کینوا و گندم با افزایش میزان شوری از صفر به ۱۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۱۲۹ و ۷۳ درصد افزایش یافت. بیش‌ترین کارایی جذب کلر در سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر بود که برای دو گیاه گندم و کینوا به طور متوسط برابر با ۲۲/۵۸ و ۱۳/۹٤ درصد بود (جدول ٤). همچنین نتایج نشان داد که کارایی جذب کلر از آب نیز برای گیاه کینوا ۲۲/٦۰ درصد بیش از گیاه گندم بود. به طور میانگین برای گیاه کینوا ۱٤/٦ درصد و برای گیاه گندم ۱۱/۳۰ درصد کارایی جذب کلر از آب نسبت به شاهد قبل از انتقال گیاه به تیمارهای آزمایش مشاهده شد (جدول ۵). کارایی جذب منیزیم از آب تحت‌تأثیر معنی‌دار نوع گونه‌ی گیاهی و سطوح شوری (P<۰/۰۱) قرار گرفته است (جدول ۲). کارایی جذب منیزیم از آب نیز برای کینوا و گندم با افزایش میزان شوری از صفر به ۱۵ دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب به میزان ۸۰/۵۳ و ۱۲٦/۸ درصد افزایش

یافت. بیش‌ترین میزان کارایی جذب منیزیم در سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر بود که برای دو گیاه گندم و کینوا به‌طور متوسط برابر با ۸۰/۵ و ۲۸/۱ درصد بود (جدول ٤). به‌طور میانگین برای گیاه کینوا ۲٤/۷۹ درصد و برای گیاه گندم ۲۰/۲۲ درصد کارایی جذب منیزیم از آب نسبت به شاهد قبل از انتقال گیاه به تیمارهای آزمایش مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر کارایی جذب آن‌ها از آب

تیمارهای آزمایش		کلسیم آب	پتاسیم آب	سدیم آب	کلر آب	منیزیم آب
گونه گیاهی	سطوح شوری ($ds.m^{-1}$)	غلظت عناصر در آب قبل از انتقال گیاه به تیمارهای شوری (میلی‌گرم بر لیتر)				
کینوا	۰	۳/٥٤٥	۰/۰۷۹	۱/۸۸۳	٤/٥۲۷	۱/۰٤٦
	۵	۳/۷٤٤	۰/۱٥٦	٤٥/٦۰۳	٤۳/۷٥۸	٦/۹۰۲
	۱۰	۳/۹٤٤	۰/۲۷۸	۹۰/۱۲٦	۸۸/۳۸۰	۱۳/٦۰۱
	۱٥	٤/۱٤۳	۰/۳۸٥	۱۳٦/۰٥۳	۱٤۹/۱٦٥	۱۳/۹۰۲
گندم	۰	۳/٥۱٥	۰/۰۷۷	۱/۸۱۳	٥/۳۹٥	۰/۹٦۹
	۵	۳/٦۹۱	۰/۱٤۹	٤۸/٥۰۳	٤۳/۲٤٦	٦/۹۱۹
	۱۰	۳/۸۹٦	۰/۲۷۲	۸۹/٦۲٦	۸۷/۹٥۲	۱٥/۰۰٥
	۱٥	٤/۰٤٤	۰/۳۸۰	۱۳۳/۱۳۲	۱٤۲/۹۲۸	۲۲/۹٦۰
گونه گیاهی	سطوح شوری ($ds.m^{-1}$)	غلظت عناصر آب بعد از ۲۸ روز از حضور گونه‌های گیاهی در تیمارهای شوری (میلی‌گرم بر لیتر)				
کینوا	۰	۲/۱۷٤	۰/۰٥٥	۱/٦٤۳	٤/۱۲۳	۰/۸۸٦
	۵	۲/٦۹۸	۰/۱۲۷	۳۷/۰٦۷	۳۸/۷۹۷	٥/٦۱۸
	۱۰	۲/۹۸٤	۰/۲٤۰	۷۳/۲٦۲	۷۸/۲۳۰	۱۰/۸۳۹
	۱٥	۳/۲۷۹	۰/۳٤٥	۱۰۳/٤٥٦	۱۲۱/۷۰۳	۱٥/۷۷۸
گندم	۰	۲/۳۹۸	۰/۰٦۳	۱/٦۹۹	٤/۹۹٦	۰/۸٦۳
	۵	۳/۰۱٥	۰/۱۲۷	٤۲/۱۷۸	۳۸/٤٤۲	٥/۹۲۰
	۱۰	۳/۳۰۳	۰/۲۳٥	۷۹/۱٥۱	۷۹/٤٤۷	۱۲/۱٥۱
	۱٥	۳/٤۳۸	۰/۳٦۱	۱۱٦/۷٦۱	۱۲٥/٤۹	۱۷/۹۳۳
تیمارهای آزمایش		کارایی جذب کلسیم از آب (٪)	کارایی جذب پتاسیم از آب (٪)	کارایی جذب سدیم از آب (٪)	کارایی جذب کلر از آب (٪)	کارایی جذب منیزیم از آب (٪)
گونه‌های گیاهی	کینوا	٤۰/۳٤a	۲٤/۰۳a	۲۳/۱۲a	۱٤/٦۰a	۲٤/۷۹a
	گندم	۲٦/۲۷b	۱٥/۰٦b	۱۲/۲۸b	۱۱/۳۰b	۲۰/۲۲b
سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر) ($ds.m^{-1}$)	۰	٥٤/۸۳a	۲۲/۳٥a	۱۰/٦۷c	۸/۹۰۲b	۱٥/۲۰d
	۵	۳۱/۰٦a	۱٦/۸۲b	۱۹/۰٤b	۱۲/۷٥b	۱۹/۹۳c
	۱۰	۲٥/۱۸bc	۱٥/۷۰b	۱۸/۱۳ab	۱۱/۸۸b	۲٤/٥۹b
	۱٥	۲۲/۱٥c	٥/۳۲c	۲۲/۹۸a	۱۸/۲٦a	۳۰/۳۱a
کینوا	۰	٦۳/۱۱a	٤۲/۲۹a	۱٤/٦۰a	۹/۸۲a	۱۸/۰۱a
	۵	۳۹/٤٤a	۲۳/۳۱b	۲۳/۰٤a	۱۲/۹۷a	۲۲/۹٤a
	۱۰	۳۲/۲٦a	۱۸/۹۸bc	۲۳/۰۲a	۱۳/۰٥a	۲٥/٦۹a
	۱٥	۲٦/٥٦a	۱۱/٥۷c	۳۱/۸۳a	۲۲/٥۸a	۳۲/٥۳a
گندم	۰	٤٦/٥٦a	۲۲/٤۱b	٦/۷۳a	۸/۹۲a	۱۲/۳۹a
	۵	۲۲/٦۸a	۱٦/۸۲bc	۱٥/۰٥a	۱۲/٥۳a	۱٦/۹۱a
	۱۰	۱۸/۱۰a	۱٥/۷۰bc	۱۳/۲٤a	۱۱/۸۸a	۲۳/٤۹a
	۱٥	۱۷/۷٤a	٥/۳۲d	۱٤/۱۲a	۱۳/۹٤a	۲۸/۱۰a

عدم وجود حروف مشترک در هر سطح و در هر بخش نشان از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

بحث

در پژوهش حاضر سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری بر وزن خشک کل بوته هر گیاه به صورت جداگانه داشت. پژوهش‌های زیادی در تأیید نتیجه‌ی به‌دست آمده انجام شده است که می‌توان به دو گیاه دارویی سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis*) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea*)، تاج خروس سفید (*Amaranthus albus*) و ارزن (*Panicum miliaceum*) اشاره کرد (Salami et al., 2007; Babaie-Zarch et al., 2019). در آزمایشی دیگر که روی سه توده‌ی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) شامل توده شیرازی، هندی و یزدی با پنج سطح شوری حاصل از کلرید سدیم به صورت هیدروپونیک انجام شد، گزارش شد که کاهش وزن خشک بوته با افزایش غلظت شوری اتفاق افتاده است (Archangi et al., 2012). سایر محققان نیز اظهار داشتند که شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه حساس به شوری می‌شود (Kaya et al., 2001). با توجه به اینکه وزن خشک معیار مناسبی از عملکرد فتوسنتزی و رشد گیاهان می‌باشد به همین دلیل کاهش این صفت نشان‌دهنده‌ی کاهش میزان فتوسنتز و رشد گیاهان در شرایط تنش شوری برای گیاه گندم است که می‌تواند به دلیل سمیت یونی ناشی از تجمع یون‌های سدیم و کلر باشد به عبارتی دیگر کاهش وزن خشک بوته در شرایط افزایش میزان تنش شوری ناشی از اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر و یا عدم تعادل در جذب عناصر غذایی به وسیله‌ی گیاه می‌باشد (Jamil et al., 2006).

به‌ویژه اینکه در پژوهش حاضر تیمارهای شوری انتخاب‌شده حاوی کلرید سدیم و دیگر نمک‌های کلریدی می‌باشد که فراوان‌ترین نمک‌ها به حساب آمده و به دلیل حلالیت بیشتر کلر در آب در مقایسه با سایر آنیون‌ها سمیت بیشتری ایجاد می‌نماید. با توجه به نتایج می‌توان بخشی از کاهش رشد اندام‌های هوایی گندم در پاسخ به شوری را به تجمع سدیم در محیط ریشه و جذب بیشتر این ماده منتسب نمود که منجر به افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در اندام‌های هوایی گردید و جذب فسفر نیز با اختلال مواجه شد.

بر اساس نتایج، در هر دو گیاه کینوا و گندم همراه با افزایش میزان شوری کاهش میزان کلسیم نیز مشاهده شد. در گیاهان گشنیز (*Coriandrum sativum*) (Hasni et al., 2009) و اموس (*Ammi majus*) (Ashraf et al., 2004) نیز کاهش عنصر کلسیم در اندام‌های هوایی در غلظت‌های بالای نمک گزارش گردید که می‌تواند به دلیل غلظت زیاد سدیم در اندام‌های هوایی باشد که مشکلات اسمزی و متابولیکی در گیاه به دلیل سمیت ناشی از سدیم ایجاد می‌کند و نتیجه‌ی آن کاهش تولید ماده‌ی خشک در گیاه را نیز به همراه دارد (Tester and Pavenport, 2003). با توجه به نقش دو عنصر پتاسیم و کلسیم در رشد و تولید گیاه و تعدیل تنش‌های شوری به نظر می‌رسد که تنظیم غلظت آن‌ها در شرایط وجود تنش شوری آب و خاک، می‌توان تأثیر نامطلوب تنش شوری را در گیاه تعدیل کرد، لذا با افزایش میزان کلسیم در محلول‌های غذایی میزان عملکرد گیاه را افزایش داد (Rubio et al., 2009). میزان کلسیم موجود در اندام‌های گیاه کینوا به طور معنی‌داری بیشتر از گندم بود و به دنبال آن سایر عناصر نیز در گیاه کینوا با اختلاف معنی‌داری بیشتر از گندم بود. در این شرایط می‌توان به اثر وایتز اشاره کرد که بیان داشت در حضور یون کلسیم جذب یونی افزایش می‌یابد. از طرفی دیگر درصد جذب کلسیم در گیاه همراه با افزایش جذب پتاسیم کاهش می‌یابد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). در نتیجه‌ی پژوهش حاضر نیز همراه با افزایش سطوح شوری میزان پتاسیم و کلسیم اندام هوای گیاهی هر دو گیاه

کاهش یافت اما کارایی جذب هر دو عنصر پتاسیم و کلسیم در گیاهان کینوا و گندم همراه با افزایش شدت تنش شوری روند نزولی را طی نمود که می‌توان به وجود بالای عناصر سدیم و کلر در محیط ریشه اشاره کرد که سبب کاهش کارایی جذب در این دو عنصر شده است.

تداخل جذب سدیم با پتاسیم عامل به هم خوردن نسبت‌های یونی در گیاه تحت شرایط شوری است. تشابه بین شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، متمایز عمل کردن بین دو این یون را برای پروتئین‌های ناقل مشکل ساخته و بدین ترتیب سمیت سدیمی در گیاه ایجاد می‌شود از سوی دیگر فعالیت آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم حساسیت زیادی به نمک دارد و به همین دلیل حفظ نسبت زیاد پتاسیم به سدیم در سیتوسول، یک نیاز اساسی برای رشد گیاه در شرایط شوری زیاد است (Apse and Blumwald, 2002). با توجه به نتایج میزان پتاسیم تجمع یافته در اندام‌های هوایی در گیاه کینوا بیشتر از گندم بود. تجمع پتاسیم نشان‌دهنده‌ی سازگاری گیاهان به تنش شوری است و هالوفیت‌ها در جذب پتاسیم از توانایی بیشتری برخوردار هستند (Jacoby, 1999). همچنین با بالا رفتن میزان سدیم و یا نسبت سدیم به کلسیم در محیط ریشه جذب پتاسیم با کاهش روبه‌رو می‌شود (Heydari, 2005). سدیم جذب پتاسیم را کاهش می‌دهد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). اگرچه در هر دو گیاه کینوا و گندم میزان سدیم موجود در اندام‌های هوایی همراه با افزایش شوری افزایش یافت اما میزان سدیم موجود در کینوا به طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از گندم بود لذا انتظار می‌رود که میزان پتاسیم در کینوا کمتر از گندم باشد اما بر اساس نتایج، پتاسیم موجود در اندام‌های هوایی کینوا بیشتر از گندم بود. دلیل این نتیجه را می‌توان به توانایی کینوا در حذف اثرات سمی سدیم با ذخیره‌سازی این عنصر در واکوئل سلولی و دور نگهداشتن آن از قسمت‌های آسیب‌پذیر سلول است که گندم چنین ویژگی را ندارد. اگرچه میزان پتاسیم در اندام هوایی و کارایی جذب این عنصر در هر دو گیاه کینوا و گندم در شرایط شوری کاهش یافت اما پتاسیم موجود در کینوا به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از گندم بود. از آنجایی که پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد و در واقع گیاهان با ذخیره‌ی مطلوب پتاسیم آب کمتری از دست می‌دهند و نقش مثبتی نیز در بستن روزنه‌ها دارد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). لذا می‌توان نتیجه گرفت گیاه کینوا می‌تواند تنش‌های محیطی از جمله شوری را با حداقل آسیب تحمل نماید و گیاه مناسبی برای کشت با آب‌های نامتعارف می‌باشد.

افزایش میزان سدیم تجمع یافته در اندام‌های هوایی همراه با افزایش شوری در گیاهان کینوا (Khalili et al., 2018)، گندم و شبدر ایرانی (Boyrahmadi et al., 2012) نیز گزارش شده است. افزایش میزان سدیم در بافت‌های گیاهی منجر به تغییراتی در فشار اسمزی سلول می‌شود و این عامل باعث پلاسمولیز و کاهش جذب انتخابی سلول‌های ریشه می‌گردد (Pessarakli, 1999). همچنین غلظت بالای سدیم در محیط ریشه‌ی گیاهان سبب کاهش جذب سایر عناصر توسط گیاه می‌شود که دلیل آن اثر مستقیم سدیم در ایجاد اختلال در جذب و انتقال عناصر از طریق پلاسمودسماتای سلول ریشه است (Heydari et al., 2007). در پژوهشی در شرایط گلخانه‌ای، اثر تنش شوری روی رشد و میزان انباشت یون‌ها در گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum ammi*) مطالعه شد که نتایج نشان داد افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی‌داری در میزان کلسیم و پتاسیم و افزایش میزان سدیم در اندام هوایی و ریشه گردید (Ashraf et al., 2004).

افزایش میزان سدیم و کلر در گیاه موجب بروز سمیت و ایجاد عدم توازن یونی در گیاه می‌شود

(Khalili et al., 2018). همان طور که در نتایج نیز آمده است افزایش سدیم و کلر در اندام‌های هوایی گیاهان کینوا و گندم با کاهش عناصر کلسیم و پتاسیم و افزایش عنصر منیزیم همراه بوده است. در هر دو گیاه کینوا و گندم کارایی جذب سدیم و کلر همراه با افزایش شدت شوری افزایش یافت که می‌تواند به دلیل غلظت بالای این سدیم و کلر در آب شور مورد استفاده باشد و طبیعتاً جذب این عناصر نیز افزایش می‌یابد. کلر فراوان‌ترین آنیون موجود در طبیعت است و در مناطق نزدیک دریا، بستر دریاچه‌های قدیمی، خاک‌های با زهکش کم در مناطق خشک و زمین‌های آبیاری شده در این مناطق، بیشتر از حد مطلوب باشد. گیاهان می‌توانند کلر را در غلظت چند برابر بالاتر از محلول غذایی که در آن قرارگرفته‌اند، جذب نمایند که نشان‌دهنده‌ی جذب فعال آن است (Koocheki and Sarmadnia, 1999). کلر جذب‌شده معمولاً در واکوئل ذخیره می‌شود و غشای واکوئل میزان جذب این عنصر را تعیین می‌نماید (Koocheki and Sarmadnia, 1999). به همین دلیل افزایش کارایی جذب و میزان عنصر در اندام‌های گیاه قابل توجیه است.

در پژوهشی که به منظور بررسی رفتار گیاه اشنان (*Seidlitzia rosmarinus*) تحت‌تأثیر تنش شوری بر ویژگی‌های رشد و تجمع یونی انجام گردیده، رفتار مشابهی با گیاه گندم و کینوا از نظر تجمع عناصر نشان داده است (Heydarnezhad and Ranjbar., 2014). در تحقیقی دیگر که برای بررسی عکس‌العمل فیزیولوژیک سویا تحت تنش شوری در شرایط گلخانه و با استفاده از کشت هیدروپونیک صورت پذیرفت، افزایش غلظت نمک باعث کاهش جذب یون پتاسیم و افزایش تجمع یون‌های سدیم، نیتروژن و فسفر در برگ‌ها گردید (Najafi and Mir masoumi, 2009).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که شوری بالا سبب کاهش رشد گندم و افزایش رشد و تولید ماده خشک کینوا شد پس گیاه کینوا گیاهی مقاوم به شوری محسوب شده و گیاه کینوا نسبت به گندم توانایی بیشتری در رشد در شرایط شوری دارد. همچنین نتایج نشان داد که گیاه کینوا نسبت به گندم توانایی بیشتری در جذب و انباشت عناصر در اندام‌های خود دارد و به عنوان گیاهی مقاوم در برابر تنش شوری می‌باشد.

از طرفی با توجه به محتوای بالای یون‌های سدیم، کلر و منیزیم در اندام‌های گیاه کینوا می‌توان نتیجه گرفت که یکی از مکانیزم مقاومت به شوری این گیاه، تحمل نمک از طریق تجمع یون‌ها در اندام‌های آن است. بنابراین می‌توان برای استفاده‌ی بهینه از منابع آب شور در سراسر کشور مورد استفاده قرار گیرد. همچنین تکثیر، پرورش و سازگاری این گیاه با اقلیم کشور بسیار مناسب و نگهداری از آن‌ها کم‌هزینه و آسان می‌باشد. بنابراین می‌توان از این گیاه برای کشت و کار در مناطقی که داری آب و خاک شور هستند، استفاده نمود تا علاوه بر تولید محصولات کشاورزی، در درازمدت میزان سدیم و کلر موجود در خاک و آب مورد با استفاده از گیاه پالایی این گیاه کاهش داد.

References

Adolf, V.I. Jacobsen, S.E. and Shabala, S. (2012). Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Environmental and Experimental Botany. 92:43–54.

Almansoori, A.F. Hasan, H.A. Idris, M. Abdullah, S.R.S. and Anuar, N. (2015). Poltential application of biosurfactant in phytoremediation technology for treatment of gasoline-contaminated soil. Ecological Engineering. 84:113-120.

Apse, M.P. and Blumwald, E. (2002). Engineering salt tolerance in plant. Journal of Biotechnology. 13: 146-150.

Arab, F. (2006). Water desalination: present and future. Water and Environment. 64:11-20. [In Persian].

Archangi, A. Khodambashi, M. and Mohammadkhani, A. (2012). The effect of salt stress on morphological characteristics and Na+, K+ and Ca+ ion contents in medicinal plant fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) under hydroponic culture. Soil and Plant Interactions. 3 (2):33-41.

Ashraf, M. Mukhtar, N. Rehman S. and Rha, E.S. (2004). Salt induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop`s weed (*Ammi majus* L). Photosynthetica. 42(4):543-550.

Babaie-Zarch, M.J. Mahmoodi, S. (2014). Competition of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale*) under different levels of soil salinity using replacement series experiment. Cereal Research. 3(4):281-290.

Babaie-Zarch, M.J. Mahmoodi, S. Eslami, S.V. and Zamani, G.R. (2019). Evaluating the competition of tumble pigweed (*Amaranthus albus* L.), common purslane (*Portulaca oleracea* L.) and common millet (*Panicum miliaceum* L.) competition under salinity stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12(2): 573-583.

Bhargava, A. Shukla, S. Rajan, S. and Ohri, D. (2007). Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution. 54: 167-173.

Boyrahmadi, M. Raiesi, F. and Mohamadi, J. (2012). Effects of different levels of soil salinization on growth indices and nutrient uptake by Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L. *Var Chamran*). Journal of Plant Production. 18(4):11-28.

Canama, T. Li, X. Holowachukb, J. Yu, M. Xia, J. Mandal, R. Krishnamurthy, R. Bouatra, S. Sinelnikov, I. Yu, B. Grenkow, L. Wishart, D.S. Steppuhn, H.K. Falk, C. Dumonceaux, T.J. and Gruber, M.Y. (2013). Differential metabolite profiles and salinity tolerance between two genetically related brown-seeded and yellow-seededBrassica carinatalines. Plant Science. 198:17-26.

FAO, (2014). GIEWS (global information and early warning system on food and agriculture) Country Briefs. http://www.fao.org/giews/countrybrief/c ountr y.jsp?code=IRN.

Guittonny-philippe, A. Petit, M.E. Masotti, V. Monnier, Y. Malleret, L. Coulomb, B. Comboroux, I. Baumberger, T. Viglione, J. and laffont-Schwob, L. (2015). Selection of wild macrophytes for use in constructed wetlands for phytoremediation of contaminant mixtures. Journal of environmental Management. 147:108-123.

Hasni, I. Ben Ahmed, H. Bizid, E. Raies, A. Samson, G. and Zid, E. (2009). Physiological characteristics of salt tolerance in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L). The Proc. of International Plant Nutrition Colloquim XVI, UC Davis. 1: 1-9.

Heidari, M. (2005). Effects of salinity and nitrogen on macro nutrient uptake and yield of wheat grain and osmotic regulators (Chamran). PhD thesis, College of Agriculture and Natural Resources of Ramin University, Ahvaz, Iran.

Heydari, N. (2007). Sustainable water management and productivity in irrigation networks of catchments under water stress (Case study of Zayandehrud irrigation network in Isfahan). Technical workshop on management, operation and maintenance of irrigation and drainage networks. 20 p.

Heydarnezhad, S. and Ranjbarfordoei, A. (2014). Effects of salt stress on growth characteristics and ion accumulation in saltwort plants (*Seidlitziarosmarinus* L). Desert Ecosystem Engineering. 3(4):1-10.

Jaberifar, A. Nasr Esfahani, M. Gandi, A. Rashidi Asl, A. and Efyuni, D. (2011). Comparison of phonological traits of advanced wheat lines in Isfahan conditions. Quarterly Journal of Crops Physiology. 3:69-83.

Jacoby, B. (1999). Mechanisms involved in salt tolerance of plants. PP. 97-123. In: Pessarakli, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress, Marcel Dekker Inc., New York.

Jamil, M., Rehman, S. and Rha, E.S. (2007). Salinity Effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea capitata* L). Pakistan Journal of Botany, 39: 753-760.

Johnson, C.M. and Ulrich, A. (1959). California Agriculture. II. analytical methods for use in plant analysis. California. Agriculture Experiment Station Bulletin. 766:26-27.

Kaya, C. Higgs, D. and Kirnak, H. (2001). The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian Journal of Plant physiology. 27:47-59.

Khalili, S. Bastani, **A. and Bagheri, M. (2018).** Effect of Different Levels of Irrigation Water Salinity and Phosphorus on Some Properties of Soil and Quinoa Plant. Iranian Journal of Soil Research (formerly soil and water sciences). 33(2):155-166.

Khalili, S. Bastani, A. and Bagheri, M. (2019). Effect of Different Levels of Irrigation Water Salinity and Phosphorus on Some Properties of Soil and Quinoa Plant. Quarterly Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences). 33(2):155-167.

Khorsandi, F. Vaziri, Zh. And Azizi Zehan, A.A. (2011). Salinity, sustainable use of saline water and soil resources in agriculture. National Committee for Irrigation and Drainage of Iran. 320p.

Koocheki, A. and Sarmadnia, Gh. (2012). Physiology of Crop Plants. University Jihad, Mashhad Branch. 400p.

Maghsoumi Holasoo, S, and Pourakbar, L. (2014). The effects of salinity stress on the growth and some physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. Iranian Journal of Plant Biology. 6(19):31-42.

Moazemi, N. (2004). Abstract of planting plan for oilseeds with sea water. Biotechnology Research Institute, Scientific and Industrial Research Organization of Iran.

Mohammad Doust Chamanabad, H. Nouri Ghanbalati, Gh. Asghari A. and Nouri Ghanbalani, A.L. (2010). Wheat from Production to Consumption. Jihad-Daneshgahi of Ardebil Press, Ardebil, Iran.

Nairizi, S. (2008). Management and use of brackish and saline water in sustainable agriculture. The National Workshop on Use Management of Saline Water.

Najafi, H. and Mir Masoomi, M. (2009). Investigation of physiological reactions of soybeans under salinity stress conditions. Agricultural Sciences And Technology. 13(1): 75-80.

Pessarakli, M. (1999). Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker Incorporation. New York. 1254p.

Pessarakli, M. and Szabolcs. I. (2011). Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. In: M.Pessarakli. Handbook of Plant and Crop Stress. (3rd Ed.), Revised and Expanded. Taylorand Francis,Florida, USA.

Qodratnema, Q. (**1998).** Water Resources, Use and Future Demand in Iran: Present and Future. Water and Development. No. 18.

Rajabzadeh, N. (2001). Bread Technology. Tehran University Press. [In Persian].

Rubio, J.S. Garcia-Sanchez, F. Rubio, F. and Martinez, V. (2009). Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K+ and Ca2+ fertilization. Horticulture Science. 119:79–87.

Salami, M., SafarneZhad, A. and Hamidi, H. (2007). Effect of salinity stress on morphological characteristics of Cumin (*Cuminum cyminum*) and Valerian (*Valeriana officinalis*). Pajouhesh-va-Sazandegi. 19:77-83.

Sharifan, H. Jamali, S. and Sajadi, F. (2018). Investigation the Effect of Different Salinity Levels on the Morphological Parameters of Quinoa

(*Chenopodium quinoa* Willd.) under Different Irrigation Regimes. Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources). 22(2):15-27.

Shelef, O. Gross, A. and Rachmilevitch, S. (2012) The use of Bassia indica for salt phytoremediation in constructed wetlands. Water Research. 46:3967-3976.

Shiati, K. (1998). Brackish water as a source of irrigation: behavior and management of salt-affected reservoirs (Iran). In: 10th Afro-Asian Conf. Bali, Indonesia.

Smith, M.J. Flowers, T.H. Duncan, H.J. and Alder, J. (2006). Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on germination and subsequent growth of grasses and legumes in freshly contaminated soil and soil with aged PAHs residues. Environmental Pollution. 141(3):519-525.

Tester, M. and Davenport. R. (2003). Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Annals of Botany. 91:503-527.

WHO, (2011). Guidelines for Drinking-water Fourthedition.