Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 14, No. 4, Winter 2023, p. 671-691

Investigation of the Effect of Different Amounts of Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and Nitrogen Use Efficiency of Two Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) Cultivars in Southern Khuzestan Province

Payvand Papan[1], Ali Mokhtaran[2*] and Sajjad Ansari ardali[3]

Received: 28-10-2020
Revised: 24-07-2021
Accepted: 27-07-2021
Available Online: 27-07-2021

How to cite this article:
Papan, P., Mokhtaran, A., and Ansari Ardali, S., 2023. Investigation of the effect of different amounts of nitrogen fertilizer on yield, yield components and nitrogen use efficiency of two quinoa *(Chenopodium quinoa Willd.)* cultivars in southern Khuzestan province. Journal of Agroecology 14(4): 671-691.
DOI: 10.22067/agry.2021.20327.0

Introduction

Salinity is one of the most important environmental stresses that affect crop production. In all areas where irrigation is essential for crop production, soil salinity is inevitable . This phenomenon has gradually become a major problem in arid and semi-arid regions of Iran. Among the strategies to deal with abiotic stresses are the development of salinity tolerant cultivars, crop rotation, genetic modification, use of appropriate organic and chemical fertilizers.

Quinoa is a promising species of halophyte that has the potential to become a crop. Quinoa, scientifically known as Chenopodium quinoa willd, is a dicotyledonous plant belonging to the Chenopodiaceae family of spinach and is often self-pollinating. Salinity stress has great effects on plant growth, seed quality and grain yield even in saline plants such as quinoa. Due to plant growth salinity, total grain yield, number of seeds, fresh and dry weight of seeds are reduced. Nitrogen is one of the essential nutrients for plant growth. Nitrogen fertilizers play an essential role in increasing yield as well as improving grain quality. Quinoa needs a lot of soil nitrogen and the use of nitrogen fertilizer is very important for crop growth during the vegetative growth period of quinoa.

Quinoa cultivation, especially by using drainage in the southern regions of Iran as a salinity-resistant crop, will lead to diversification of crops, sustainable production, and increase farmers' incomes and food security. Considering that agriculture and supply of nitrogen required by the plant is very important in order to increase crop production with optimal yield, the amount of fertilizer used and also the appropriate cultivar need to be investigated and a step to determine the best cultivar and the best level of nitrogen fertilizer and its effect on yield, yield components, grain protein concentration and efficiency of nitrogen application under irrigation conditions of sugarcane fields in the south of Khuzestan province.

Materials and Methods

This research was carried out in field conditions in the 97th crop year in Mirza Kuchak Khan Sugarcane Cultivation and Industry Company in the form of split plots in a randomized complete block design with three replications. Factors include urea fertilizer at four levels: 0 (control), 75, 150, 225 kg / ha) as the main factor and two quinoa cultivars (Titi Kaka: V1 and Gizavan: V2) as the secondary factor in Was considered.

Results and Discussion

1- Ph.D. of Soil Science, Expert of Khuzestan Water and Electricity Organization, Iran.
2- Ph.D. of Irrigation and Drainage, Assistant Professor of Agricultural Technical and Engineering Research, Khuzestan Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Agricultural Education and Extension Research Organization of Iran, Iran.
3- Ph.D. of Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
(*- Corresponding author's Email: alimokhtaran@gmail.com)

The results showed that the interaction of nitrogen and cultivar on leaf area index, number of inflorescences per plant, grain yield, biological yield and grain protein were significant. The highest plant height, stem diameter and leaf area index belonged to 225 kg N / ha. The highest grain yield in Gizavan cultivar (2363 kg / ha) was obtained at the level of 150 kg N / ha and then decreased, but in Titi Kaka cultivar the highest grain yield (2372 kg / ha) was obtained at the level of 225 kg N / ha. Obtained and the reaction was linearly reduced to the highest level of nitrogen fertilizer. The highest amount of grain protein was observed in Gizavan cultivar with application of 150 kg N / ha, which was 138% higher than the control treatment. Based on the obtained results, Gizavan Quinoa cultivar can be a very suitable choice for saline and low-yield fields in the south of Khuzestan province.

Conclusion

According to the results of the study, increasing the application of nitrogen fertilizer increased the yield and yield components and grain nitrogen. Application of 150 kg nitrogen per hectare in Gizavan cultivar with an average yield of 2.36 tons per hectare in the climate of southern Khuzestan province along with the application of drainage from sugarcane cultivation produced the highest grain yield. Quinoa due to its high genetic diversity and adaptation to different climates, high nutritional value and high efficiency of resource use, can be a suitable plant for the use of unconventional soil and water resources in the south of Khuzestan province. It is recommended that future tests be performed on quinoa at different locations with different cropping methods and other fertilizer levels to ensure that the results are relatively consistent over time.

Keywords: leaf area index, Gizavan, grain protein, Titi Kaka.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن دو رقم کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) در استان خوزستان

پیوند پاپن[1]، علی مختاران[2] *و سجاد انصاری اردلی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۵

پاپن، پ.، مختاران، ع.، و انصاری اردلی، س.، ۱۴۰۱. بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن دو رقم کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) در استان خوزستان. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۴(۴): ۶۹۱-۶۷۱.

چکیده

یکی از راه‌های استفاده و بهره‌برداری از آب و اراضی شور استفاده از گیاهان متحمل به شوری مانند کینوا است. مدیریت عناصر غذایی مانند نیتروژن در خاک‌های شور می‌تواند اثرات منفی شوری بر رشد و عملکرد گیاهان را کاهش دهد. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، پروتئین دانه و کارایی مصرف نیتروژن دو رقم کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) در شرایط آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر، آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان در جنوب غرب خوزستان به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. چهار سطح کود نیتروژن شامل صفر (شاهد)، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره به‌عنوان فاکتورکرت اصلی و دو رقم کینوا شامل تیتی‌کاکا و گیزاوان به‌عنوان فاکتورکرت فرعی در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه شامل:ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد گل‌آذین، وزن هزار دانه، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی مصرف نیتروژن و محتوی پروتئین دانه بود. نتایج نشان داد که برهم‌کنش نیتروژن و رقم بر شاخص سطح برگ، تعداد گل‌آذین در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و پروتئین دانه معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع گیاه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ در نتیجه کاربرد تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه در رقم گیزاوان (۲۳۶۳ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد و پس از آن کاهش یافت، امّا در رقم تیتی‌کاکا بیشترین عملکرد دانه (۲۳۷۲ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد و واکنش آن تا بالاترین سطح کود نیتروژن به‌صورت خطی بود. بیشترین مقدار پروتئین دانه در رقم گیزاوان با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که ۱۳۸ درصد بیشتر از شاهد بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، رقم گیزاوان کینوا می‌تواند انتخاب بسیار مناسبی برای زمین‌های شور و کم بازده در جنوب استان خوزستان باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، تیتی‌کاکا، شاخص سطح برگ، گیزاوان

۱- دکترای خاکشناسی، کارشناس سازمان آب و برق خوزستان، ایران.
۲- دکتری آبیاری و زهکشی، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ایران، ایران.
۳- دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: alimokhtaran@gmail.com)

DOI: 10.22067/agry.2021.20327.0

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تولید محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در تمام مناطقی که آبیاری برای تولید محصولات زراعی ضروری است، شور شدن خاک نیز امری غیرقابل اجتناب است (Flowers& Flowers, 2005). این پدیده به‌تدریج به یک مشکل عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران تبدیل شده است. از جمله راهکارهای مقابله با تنش‌های غیرزیستی می‌توان به توسعه ارقام متحمل به شوری، تناوب کشت محصول، اصلاح ژنتیکی، استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مناسب اشاره کرد (Chakraborty et al., 2011).

یک گونه امیدبخش هالوفیت که قابلیت بالایی جهت تبدیل به یک محصول زراعی دارد، کینوا می‌باشد. کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa Wild.* یک گیاه دولپه‌ای متعلق به خانواده اسفناج Chenopodiaceae و غالباً خودگشن است. دانه کینوا یک منبع غنی از پروتئین، فیبر، آهن، اسیدهای آمینه ضروری می‌باشد (Bhargava et al., 2006). سازمان خواروبار جهانی علاوه‌بر نام-گذاری سال ۲۰۱۳ میلادی به‌نام کینوا، این گیاه را یک محصول راهبردی برای امنیت غذایی دنیا معرفی کرده است، در ۳۰ سال گذشته سطح زیر کشت کینوا افزایش سریعی داشت، به‌طوری‌که در جنوب آمریکا از ۳۶ هزار هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۸۳ هزار هکتار در سال ۲۰۰۹ رسید.در حال حاضر کینوا در بیش از ۱۰۰ کشورکشت می شود. عملکرد کینوا بسته به رقم بین ۱۱۲۰ تا ۶۰۰۰ کیلو گرم در هکتار است (FAO, 2012).

تنش شوری تأثیرات زیادی بر رشد گیاه، کیفیت بذر و عملکرد دانه حتی در گیاهان شورزی مانند گیاه کینوا دارد. در اثر شوری رشد گیاه، عملکرد کل دانه، تعداد دانه، وزن تر و خشک دانه کاهش می-یابد (Koyro & Eisa, 2008). تحقیقات در رابطه با عکس‌العمل کینوا نسبت به شوری نمک‌های مختلف و صفات متأثر از آن انجام گرفته (Wu et al., 2016) و پیشنهاد شده است که در تحقیقات مزرعه‌ای، پاسخ ارقام مختلف کینوا به تنش‌های غیرزنده بررسی شود. پترسون و مورفی (Murphy&Peterson, 2015) علاوه‌بر اینکه تنوع قابل توجه ارقام کینوا در تحمل به شوری را نشان دادند، کاهش ۴۳ تا ۷۳ درصد عملکرد در بین ارقام، کاهش شاخص سبزینگی برگ و کاهش ارتفاع گیاه در شرایط شور را گزارش کردند. شابلا و همکاران (Shabala et al., 2013) نیز تفاوت‌های ژنوتیپی تحمل به شوری در کینوا را گزارش کردند.

کینوا بهترین گیاه برای کشت در خاک‌هایی که شوری ۱۹ دسی‌زیمنس بر متر و بالاتر از آن دارند، می‌باشد (Wilson et al., 2002). کاهش عملکرد مشخصی در برخی ژنوتیپ‌ها کینوا رشد کرده در خاک شور با شوری ۴۰–۵۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشده است. جالب است که افزایش ناچیزی در عملکرد دانه کینوا رشد کرده در خاک شور با شوری ۱۵–۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده است. جمالی و همکاران (Jamal et al., 2016) تأثیر سطوح مختلف شوری را بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد دو رقم گیاه کینوا بررسی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که گیاه کینوا به سطوح بالای شوری در مرحله جوانه‌زنی مقاوم بوده و می‌توان با اعمال مدیریت مناسب درمزرعه، استقرار این گیاه را در شرایط وجود آب و خاک شور تضمین نمود. تحقیق مزرعه‌ای با هدف بررسی تأثیر کیفیت آب آبیاری با شوری شامل ۱/۵، ۴، ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که بیشترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به شوری ۴ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود (Algosaibi et al., 2015).

نیتروژن از جمله عناصری است که کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک قابل توجه است، زیرا مقدار مواد آلی که عمده ترین منبع ذخیره نیتروژن هستند در این مناطق خیلی کم بوده و در صورت وجود، سریع تجزیه می‌شود (Mengel, 1992). نیتروژن یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه است. کودهای نیتروژنی نقش اساسی در افزایش عملکرد و همچنین بالا بردن کیفیت دانه ایفا می‌کنند (Lotfollahi, 2012). نیاز کینوا به نیتروژن خاک زیاد بوده و مصرف کود نیتروژن برای رشد محصول در طول دوره رشد رویشی کینوا بسیار مهم است (Erley et al., 2005). از سوی دیگر، نیاز کودی کینوا به‌دلیل تنوع شرایط اکولوژیکی در سرتاسر دنیا هنوز تحت مطالعه است. برای مثال ایرلی و همکاران (Erley et al., 2005) گزارش دادند که کینوا به‌شدت به کود نیتروژنه پاسخ می‌دهد و کاربرد ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک لومی عملکرد بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار را نشان داده است و عملکرد دانه نسبت به شاهد ۹۴ درصد رشد داشته است. بسرا و همکاران (Basra et al., 2014) اظهار داشتند میزان ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بهترین مقدار کود نیتروژن برای رشد و نمو کینوا و دستیابی به حداکثر عملکرد اقتصادی

در شرایط آب و هوایی مصر است. شمس (Shams, 2012) در بررسی واکنش کینوا به سطوح مختلف کود نیتروژن (۱۸۰،۲۷۰،۳۶۰، ۹۰ و ۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) دریافت که با افزایش سطوح نیتروژن تا بالاترین سطح، عملکرد بیولوژیکی کینوا افزایش یافت و افزایش مقادیر نیتروژن نه تنها منجر به افزایش رشد محصول و تولید زیست‌توده کل گردید، بلکه کیفیت دانه را تحت تأثیر قرار داد.

با توجه به افزایش وسعت زمین‌های شور و کمبود منابع آبی در کشور، استفاده از منابع موجود به‌صورت صحیح و کاربرد آب‌های نامتعارف مانند آب زهکش‌ها، آب‌های شور و پساب‌ها یکی از مهم‌ترین اهداف در بخش کشاورزی می‌باشد. استفاده مجدد از زه‌آب کشاورزی، یکی از روش‌های مدیریت زه‌آب می‌باشد (Yazar et al., 2015). به‌طور معمول، زه‌آب در مقایسه با آب آبیاری ازکیفیت پایین‌تری برخوردار است. برای به حداقل رساندن اثرات مخرب‌کوتاه‌مدت و بلندمدت زه‌آب‌ها بر محیط زیست، تولیدات گیاهی، حاصلخیزی خاک و کیفیت منابع آب، توجه به مسائل مدیریتی در پروژه‌ها و حوضه‌های آبریز حائز اهمیت است. به‌علاوه با استفاده از زه‌آب برای آبیاری، مشکلات ناشی از تخلیه زه‌آب‌ها به حداقل رسیده و احتمال آلودگی منابع آب نیز کاهش می‌یابد (Hassan Aghli, 2005). خانعلی و همکاران (Khanali et al., 2016) نشان دادندکه استفاده از زه‌آب در صورت مدیریت صحیح، علاوه‌بر اینکه از هدر رفتن مقادیر زیاد آب جلوگیری کرد، در مواردی باعث بهبود کمّی وکیفی خاک و گیاه گردید.

مطالعات انجام شده در ایالات متحده آمریکا نشان داد که زه‌آب حاصل از فعالیت‌های کشاورزی، مهم‌ترین منبع آلودگی آب دریاچه‌ها در این کشور است (United Statets Environmental Protection Agency, 1990). بهداروندی و هوشمند (Hooshmand, Behdarvandi &2007) کیفیت زه‌آب‌های کشاورزی کشت و صنعت‌کارون در استان خوزستان را برای استفاده مجدد درکشاورزی با استانداردهایی نظیر طبقه‌بندی ویلکاکس مطالعه کردند. نتایج نشان داد که آب برخی از زه‌آب‌ها در کلاس سه (شوری زیاد) که برای مصارف کشاورزی قابل قبول و برخی دیگر از نظر شوری در کلاس چهار (شوری خیلی زیاد) که برای مصارف کشاورزی غیرقابل قبول می‌باشند، قرار داشتند. طبق جدول ویلکاکس، از نظر درصد سدیم کلیه زهکش‌ها در گروه یک (عالی تا خوب) و از نظر اسیدیته مطلوب بودند. در تولید محصولات‌کشاورزی، کیفیت زه‌آب تعیین‌کننده نوع گیاه مناسب کشت از نظر آبیاری است. اگر ویژگی‌های آب، خاک و گیاهان مورد نظر شناخته شده باشد، امکان استفاده مجدد از زه‌آب زراعی وجود دارد و می‌توان آن را از لحاظ اقتصادی مدیریت نمود (Yazar et al., 2017).

در استان خوزستان تولید زه‌آب از فعالیت‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی، یکی از مشکلات جدی است. در این استان در مجموع، نزدیک چهار میلیارد مترمکعب زه‌آب در سال تولید می‌گردد (KWPA Report, 2011). کشت کینوا به‌ویژه با استفاده از زه‌آب در مناطق جنوبی ایران به‌عنوان یک گیاه زراعی مقاوم به شوری موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. با توجه به اینکه به‌زراعی و تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه در جهت افزایش تولید محصول با عملکرد مطلوب بسیار با اهمیت است، بنابراین نیاز است تا میزان کود مصرفی و همچنین رقم مناسب بررسی گردیده و گامی در جهت تعیین رقم برتر و بهترین سطح کود نیتروژن و تاثیر آن بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت پروتئین دانه و کارایی مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر(*Saccharum officinarum*) جنوب استان خوزستان برداشته شود.

مواد وروش‌ها

این تحقیق در شرایط مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان (طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی وعرض جغرافیایی ۶۲ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی) با ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا انجام گردید، بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی آبادان و خرمشهر میانگین بارندگی سالانه ۱۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد (میانگین دمای دوره رشد ۱۷ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی ۴۷/۱ درصد می‌باشد. خاک‌های منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی مزیک می‌باشند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و کیفیت آب آبیاری در جدول ۲ نشان داده شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل کود اوره در چهار سطح: N_{1-4} (۰ (شاهد)، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور اصلی و دو رقم کینوا (تیتی‌کاکا:V_1 و گیزاوان: V_2) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۷۵-۰ سانتی‌متری)

Table 1- Some physical and chemical properties of the soil (depth 0-75 cm)

عمق Depth (cm)	بافت Texture	شوری EC ($dS.m^{-1}$)	واکنش pH	نیتروژن Total. N (%)	سدیم Na^+ ($meq.l^{-1}$)	پتاسیم K^+ ($meq.l^{-1}$)	کلر Cl^- ($meq.l^{-1}$)	فسفر P (ava) (mg.kg)	ظرفیت زراعی FC (%)	نقطه پژمردگی PWP (%)
0-25	Clay loamy رسی لومی	5.25	7.98	0.026	28.93	0.45	26.25	4.35	40.83	19.97
25-50	Clay رسی	2.55	8	0.014	13.25	0.16	16.25	4.15	33.5	15.09
50-75	Silty clay loam سیلتی رسی لومی	2	8.01	0.012	11.57	0.14	12.5	3.71	46.98	17.22

جدول ۲- ویژگیهای آب استفاده شده

Table 2- Properties of the water used

منبع آب Source of water	شوری EC ($dS.m^{-1}$)	واکنش pH	کل املاح محلول TDS ($meq.l^{-1}$)	نسبت جذب سدیم SAR	کلر Cl^- ($meq.l^{-1}$)	کلسیم Ca^{2+} ($meq.l^{-1}$)	منیزیم Mg^{2+} ($meq.l^{-1}$)	سدیم Na^+ ($meq.l^{-1}$)
Karun کارون	2.72	8.50	1792.89	8.96	18.83	4.39	4.10	18.34
Sugar-cane drainage زهاب نیشکر	7.75	7.88	5225.62	10.20	42.37	16.70	17.35	42.60

عملیات تهیه زمین توسط گاوآهن برگردان‌دار و دو دیسک عمود برهم و ماله (تسطیح زمین) انجام گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی، کود پتاس به‌میزان ۷۵ کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم و فسفر به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازمنبع سوپر فسفات تریپل مورد استفاده قرار گرفت. تیمارکودی نیتروژن در سه نوبت به‌صورت پایه و دو نوبت سرک در ابتدای مراحل چهار تا شش برگی و شروع گل‌دهی بر اساس تیمارهای آزمایش اعمال گردید. کاشت بذر (رقم تیتی‌کاکا و گیزاوان تهیه شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر-کرج) در ۱۵ آبان ماه سال ۱۳۹۷ به‌صورت جوی و پشته-ای (بر روی خط داغاب) و با دست انجام شد. هرکرت شامل شش خط کشت به‌طول چهار متر بود. فاصله دو بوته حدود۱۰-۷ سانتی‌متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر (تراکم ۳۳ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد. دو آبیاری اول کرت‌ها با آب کارون به‌فاصله پنج روز، در جهت مقابله با سله خاک و جوانه‌زنی بهتر بذرها انجام گردید. سپس جهت آبیاری، از زه‌آب حاصل از زهکش‌های کشت و صنعت میرزا کوچک خان استفاده گردید. آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک صورت گرفت. قبل از آبیاری نمونه رطوبت خاک گرفته شده و رطوبت خاک به‌صورت وزنی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد و با توجه به حداکثر تخلیه مجاز که با توجه به مقاوم بودن گیاه به خشکی و شوری معادل ۷۰ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک در نظر گرفته شد تا عمق مؤثر ریشه (۵۰ سانتی‌متر) انجام شد (Algosaibi et al., 2015). برداشت نهایی در اواخر بهمن ماه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت. صفات مورفولوژیک کینوا شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد گل‌آذین (خوشه) در بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اندازه-گیری شد. به این منظور پنج بوته از خطوط نمونه‌برداری با احتساب حاشیه و به‌طور تصادفی هر کرت انتخاب شد. ارتفاع بوته با متر از محل طوقه تا قسمت بالای ساقه اصلی اندازه‌گیری شد و میانگین هر کرت به‌دست آمد. قطر ساقه به‌وسیله کولیس و با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر برای پنج بوته اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. تعداد خوشه‌های کینوا نیز شمارش شد.

جهت تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در سطحی معادل پنج مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت شد و جهت خشک شدن، به‌مدت یک هفته در هوای آزاد قرار گرفت. دانه‌های برداشت شده از هر کرت، به‌طور جداگانه با ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین گردیدند و با تعمیم دادن به هکتار، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. برای تعیین عملکرد کل، در هر کرت از مساحت برداشت پنج مترمربع، تمام قسمت‌های گیاه کف‌بر شده و با ترازوی دقیق و با دقت یک گرم اندازه‌گیری شد. با تقسیم عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت محاسبه شد.

برای محاسبه وزن هزار دانه از میان دانه‌های برداشت شده مربوط به هر کرت ۱۰ نمونه صدتایی انتخاب و وزن دانه‌ها تعیین گردید. برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی از خطوط نمونه بطور تصادفی پنج بوته را انتخاب کرده و پس از جدا کردن برگ‌ها، سطح برگ هر نمونه توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه-گیری شد و سپس شاخص سطح برگ محاسبه گردید (Hunt et al., 1978). غلظت نیتروژن به‌روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982) اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین دانه کینوا با استفاده از درصد نیتروژن با ضریب تبدیل ۶/۲۵ تعیین شد. کارآیی زراعی مصرف نیتروژن از معادله ۱ برآورد گردید (Craswell et al., 1984).

$$NUE=(Ydf- Yef)/F \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، NUE: کارآیی زراعی مصرف نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)، Ydf: مقدار ماده خشک تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)، Yef: مقدار ماده خشک تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت نکرده (کیلوگرم در هکتار) و F: مقدار کود اوره مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) است. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گردید. مقایسه میانگین-ها به‌روش LSD در سطوح احتمال پنج و یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته کینوا تحت تأثیر رقم و سطوح کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، امّا برهم‌کنش کود نیتروژن و رقم بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع کینوا به‌طور قابل توجهی با افزایش کود نیتروژنه افزایش یافت. بالاترین ارتفاع بوته در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌میزان ۹۳/۰۸ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته به‌میزان ۳۶/۹۶ سانتی‌متر به شاهد تعلق داشت. نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارا بوده شوری ضمن کاهش نفوذپذیری غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه (ناشی از افزایش غلظت آبسیزیک اسید در بافت‌های گیاهی)، فعالیت آنزیم‌های گیاهی را نیز کاهش داده و مستقیماً جذب و متابولیسم بعضی از عناصر غذایی را محدود می‌کند. ولی مصرف نیتروژن با کاهش نسبت اسید آبسیزیک به جیبرلین باعث افزایش رشد رویشی گیاهان در شرایط شور می‌گردد (Kholdebarin, 2003). افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف نیتروژن به‌علت تأثیر مطلوبی است که نیتروژن بر رشد گیاه دارد. افزایش سطوح نیتروژن باعث افزایش تقسیم سلولی می‌شود و در نهایت، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. به‌طور معمول، ارتفاع بوته با کاربرد کود نیتروژن افزایش می‌یابد که این امر ممکن است به‌دلیل افزایش طول میان‌گره در گیاه باشد. افزایش ارتفاع کینوا با افزایش سطح نیتروژن، اساساً به‌دلیل نقش نیتروژن در فعالیت‌های متابولیکی است (Gomaa, 2013; Shams, 2012; Basra et al., 2014; Schulte et al., 2005). آذرپور و همکاران (Azarpour et al., 2014) نتیجه گرفتند که در میان سطوح کود نیتروژن حداکثر ارتفاع کینوا ۱۰۴/۶ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و کمترین ارتفاع بوته در شاهد ۸۴/۱۲ سانتی‌متر بود.

مقایسه میانگین بین ارقام نشان داد که رقم گیزاوان با ۸۵ سانتی‌متر بالاترین و رقم تیتی‌کاکا با ۷۸/۹ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴). مطالعات نشان می‌دهد در بعضی گیاهان هالوفیت، غلظت‌های کم املاح در مقایسه با عدم حضور آن‌ها می‌تواند به‌علت اثر آن بر رشد سلول و موازنه آب، سبب تحریک رشد گیاهان شود (Alshameri et al., 2017). با این حال، مقدار غلظت املاح آب آبیاری مورد نیاز برای افزایش ارتفاع کینوا مشخص نیست. نتایج یک پژوهش نشان داد که ارتفاع کینوا تا شوری بیشتر از ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر،کاهش نیافت (Wilson et al., 2002) و در شوری بیشتر از ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر در بعضی گونه-های کینوا ارتفاع کینوا افزایش یافت (Gómez-Pando et al., 2010). این ویژگی نشان می‌دهد که احتمالاً کینوا از سازوکارهای تجمع نمک گیاهان هالوفیت استفاده می‌کند و شرایط تنش شوری پایین باعث تقویت رشد گیاه می‌شود (Long et al..2016,).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات اندازه گیری شده در کینوا

Table 3- Results of analysis of variance (mean of squares) of some traits of quinoa cultivars affected by nitrogen levels

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع گیاه Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد گل‌آذین Number of inflorescence	وزن هزار دانه 1000-seed weight	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	پروتئین دانه CP content of seed	درجه آزادی d.f	کارایی مصرف نیتروژن NUE
تکرار Replication (R)	2	57.15	0.18	134.67	0.1	0.02	19314	12770	2.68	3.07	2	2.25
نیتروژن N (N)	3	1018**	0.72**	139.70**	2.01**	9.69**	4432048**	14727500**	584**	192**	2	18.14**
خطای اصلی Main error	6	10.27	0.02	4.85	0.05	0.003	12800	35504	2.70	4.07	4	1.54
رقم Variety	1	222.65**	0.08**	8.52**	0.41**	1.35**	52880**	108 ns	17.10**	4.86**	1	3.69 ns
رقم ×نیتروژن V × N	3	16.29 ns	0.006 ns	2.21**	0.03 ns	0.47**	55829**	2476540**	4.51 ns	2.21**	2	1.78 ns
خطای فرعی Sub error	8	5.25	0.009	0.58	0.02	0.001	8723	22259	1.76	0.17	6	0.88
ضریب تغییرات CV (%)		2.79	10.77	4.15	6.39	0.9	5.94	2.53	5.31	2.56		8.97

ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: Non-significant and significant at 1% probability level, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای مختلف نیتروژن و رقم کینوا

Table 4- Comparison of the mean of the main effects of quinoa under the influence of different nitrogen and varity treatments

		ارتفاع Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد گل‌آذین Number of inflorescence	وزن هزار دانه 1000 -seed weight (g)	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index (%)	پروتین دانه CP content of seed (%)	کارایی مصرف نیتروژن NUE ($kg.kg^{-1}$)
نیتروژن N ($kg.ha^{-1}$)	0	36.96	0.44	12.10	1.74	2.76	474	3612	13.23	8.09	
	75	81.05	0.83	17.05	2.74	3.67	1301	6312	20.6	16.1	11.17
	150	89.75	1.09	21.81	2.97	5.17	2221	6837	32.45	20.3	11.72
	225	93.08	1.24	22.48	2.93	5.45	2290	6756	33.88	19.86	8.45
	$LSD_{0.05}$	4.52	0.23	3.11	0.31	0.07	159	266	2.32	2.85	1.99
رقم Variety	Titicaca	78.91	0.84	17.76	2.46	4.03	1525	5835	24.20	12.29	9.99
	Giza 1	85	0.96	18.95	2.73	4.5	1618	5882	25.88	13.1	10.9
	$LSD_{0.05}$	2.15	0.09	0.71	0.15	0.04	87.92	171	1.25	0.49	1.08

برای هر اثر اصلی، میانگین‌ها با حروف مشابه با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند ($p\leq0.05$).

Means followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level .

قطر ساقه

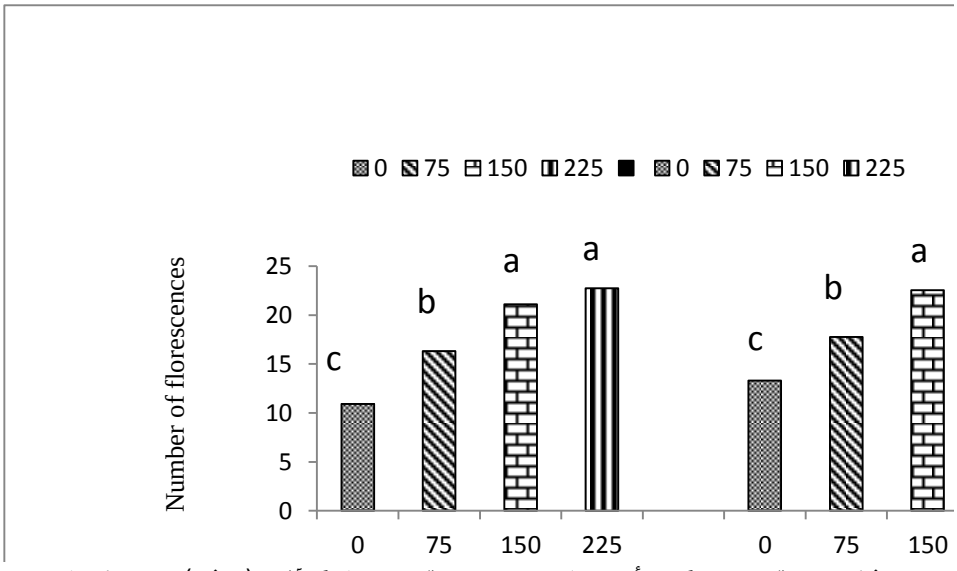
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح کود نیتروژن و رقم بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، امّا برهم‌کنش کود نیتروژن و رقم بر قطر ساقه معنی‌دار نشد (جدول ۳). افزایش مصرف کود نیتروژن موجب افزایش قطر ساقه شد، به‌طوری‌که بالاترین میانگین قطر ساقه ۱/۲۴ سانتی‌متر در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد و از نظر آماری با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک سطح قرار داشت و کمترین میانگین قطر ساقه در شاهد حاصل شد. مقایسه میانگین بین ارقام نشان داد رقم گیزاوان با ۰/۹۶ سانتی‌متر بالاترین و رقم تی تی کاکا با ۰/۸۴ سانتی‌متر کمترین قطر ساقه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). محققین گزارش کرده‌اند که با افزایش کاربرد نیتروژن، شاخص کلروفیل گیاه و در نتیجه، ویژگی‌هایی رشدی گیاه مانند قطر ساقه افزایش یافت (Harper et al., 1994). نتایج به‌دست آمده در این آزمایش نیز گویای این مطلب بود. مصرف بیش از حد نیتروژن موجب تحریک رشد رویشی بیش از حد گیاه، نازک و دراز شدن ساقه و در نتیجه، خوابیدگی بوته‌ها و همچنین، مصرف بیش از حد آب می‌شود. نتایج مشابهی در خصوص اثر مثبت کود نیتروژن بر افزایش قطر ساقه کینوا توسط سانگوانسک (Sa-Nguansak, 2004)، گوما و همکاران (Gomaa et al., 2013) و بسرا و همکاران (Basra et al., 2014) حاصل شده است.

تعداد گل‌آذین (خوشه) در بوته

اثر نیتروژن، رقم و برهم‌کنش آن‌ها بر تعداد گل‌آذین معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که افزایش مصرف کود اوره موجب افزایش تعداد گل‌آذین (خوشه) در بوته شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد گل‌آذین مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود که از نظر آماری با تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار در یک سطح قرار داشت و کمترین تعداد گل‌آذین در شاهد حاصل شد. (جدول ۴).

افزایش تعداد خوشه در گیاه به‌دلیل مصرف کود نیتروژن، نشانگر تأثیر نیتروژن در افزایش تولید و توزیع مواد فتوسنتزی از منبع (قسمت رویشی) به‌سمت مخزن (قسمت‌های زایشی) است، در مطالعه حاضر افزایش نیتروژن در گیاه کینوا به‌علت تأثیر در فعالیت‌های متابولیکی، باعث افزایش تعداد خوشه در بوته کینوا و در نتیجه، افزایش تولید دانه در تیمار برتر گردید (جدول ۴). این رابطه منبع و مخزن به‌دلیل توسعه و نگهداری سطح برگ تحت تأثیر نیتروژن است. (Muchow et al., 1998; Arduini et al., 2006) در نتیجه، کارایی فتوسنتزی و همچنین تسهیم ماده خشک در اندام زایشی در شرایط بهینه نیتروژن بهبود یافته است (Prystupa et al., 2004). کود نیتروژن (۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) طول خوشه اصلی ارقام کینوا را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید و در نتیجه، بیشترین تعداد دانه کینوا را تولید کرد (Basra et al., 2014). شومن (Shoman, 2018) نشان دادند که با افزایش کود نیتروژن تعداد گل‌آذین، وزن گل‌آذین اصلی و تعداد دانه در گل‌آذین کینوا افزایش یافت. مقایسه میانگین بین ارقام نشان داد، رقم گیزاوان با ۱۸/۹۵ بالاترین و رقم تی تی کاکا با ۱۷/۷۶ کمترین تعداد خوشه در گیاه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). بررسی اثر متقابل نیتروژن و رقم بر تعداد گل‌آذین (خوشه) در بوته کینوا نشان داد، بیشترین میانگین تعداد گل‌آذین در رقم گیزاوان با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار ۲۲/۵۳ بود که از نظر آماری با تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک سطح قرار دارند، امّا در رقم تیتی‌کاکا بالاترین تعداد گل‌آذین با کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۲۲/۷۳ بود (شکل ۱. تیتی‌کاکا:V_1 و گیزاوان: V_2).

به نظر می‌رسد در گیاه شورزیست کینوا به‌دلیل اینکه در محیط‌های شور رشد یافته است، شوری تحریک‌کننده و بهبوددهنده رشد گیاه است (Gomaa, 2013) به عبارت دیگر، یون‌های سدیم و کلر موجود در محیط رشد بر صفات مرفولوژیکی کینوا تأثیر مثبت دارند. لانگ و همکاران (Long et al., 2016) در بررسی تأثیر تیمارهای شوری (۰، ۵۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بر صفات دو رقم کینوا (سبز و قرمز) مشاهده کردند که تنش شوری به‌طور معنی‌داری تعداد برگ‌های ساقه اصلی و تعداد شاخه‌ها و خوشه‌های روی گیاه را کاهش داد و رقم قرمز نسبت به سبز با ریشه عمیق‌تر و وزن ریشه بالاتر توانست جذب مواد مغذی را افزایش دهد و در نتیجه، باعث افزایش تعداد خوشه‌ها، تعداد دانه و وزن هزار دانه و زیست توده کل گردد.



شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر سطوح نیتروژن و رقم بر تعداد گل‌آذین (خوشه) در بوته کینوا

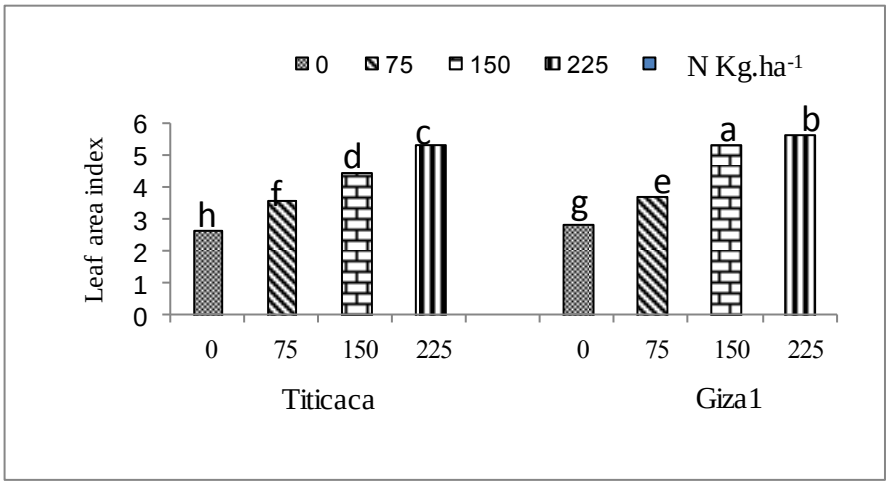
Fig. 1- Mean comparisons for the effect of nitrogen levels and cultivar on the numbers of inflorescences (clusters) in quinoa plant

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح زمین است. این صفت از جمله پارامترهای مهم در ارزیابی رشد یک جامعه گیاهی است که اندازه و پویایی آن به عوامل متعدد بستگی دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی تحت تأثیر معنی‌دار رقم و میزان کود مصرفی و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳).

با افزایش مصرف نیتروژن رشد گیاه تسریع می‌یابد و در نتیجه، شاخص سطح برگ افزایش یافته و زودتر به حداکثر خود می‌رسد. با افزایش سطوح نیتروژن، شاخص سطح برگ در هر دو رقم مورد بررسی افزایش یافت. بررسی اثر متقابل نیتروژن و رقم بر شاخص سطح برگ نشان داد، بالاترین شاخص سطح برگ در رقم گیزاوان با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار ۵/۸۳ بود و سپس با افزایش کود نیتروژنه در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شاخص سطح برگ به‌مقدار ۵/۵۶ کاهش یافت، امّا در رقم تیتی‌کاکا بالاترین شاخص سطح برگ با کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۵/۳۴ بود (شکل ۲).

مصرف نیتروژن باعث افزایش مقدار کلروفیل، تشدید سبزینگی برگ و در نتیجه، افزایش شاخص سطح برگ می‌شود، به همین دلیل استفاده از این عنصر در حد مطلوب تأثیر بسیار مثبتی بر شاخص‌های رشد گیاه، از جمله سطح برگ دارد. کاربرد نیتروژن تقسیم و انبساط سلولی (Roggatz et al., 1999) و فتوسنتز و تولید برگ (Zhao et al., 2005) را افزایش می‌دهد. نیتروژن با تأثیر بر مقدار کلروفیل برگ منجر به بهبود کارآیی فتوسنتزی و در نتیجه، باعث بهبود و تکمیل مراحل رشد رویشی گیاه می‌شود (Almaliotis et al., 1996). افزایش سطح برگ کینوا در اثر کاربرد نیتروژن توسط بسرا و همکاران (Basra et al., 2014) نیز گزارش شده است. آمر و همکاران (Aamer et al., 2014) و عمر و همکاران (Omar et al., 2014). اختلاف معنی‌داری بین تمام ژنوتیپ‌های کینوا برای صفات مرفولوژیکی مانند شاخص سطح برگ را گزارش کردند. مقادیر مختلف شاخص سطح برگ در ژنوتیپ‌های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی و یا آسیب تنش‌های زنده و یا غیرزنده باشد، تنش شوری بر روی تمام مراحل رشدی کینوا تأثیرگذار بوده و تغییرات فیزیولوژیک در آن ایجاد می‌کند، امّا ارقام کینوای متحمل به شوری می‌توانند در این شرایط زنده بمانند و تولید داشته باشند (Jacobsen et al., 2009).



شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح نیتروژن و رقم بر شاخص سطح برگ کینوا

Fig. 2- Mean comparisons for the effect of nitrogen levels and cultivar on leaf area index in quinoa plant

وزن هزار دانه

اثر نیتروژن و رقم در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد، امّا برهم‌کنش نیتروژن و رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). افزایش مصرف نیتروژن وزن هزار دانه را در دو رقم افزایش داد، امّا رقم گیزاوان بیشتر از رقم تیتی‌کا تحت تأثیر قرار گرفت، به‌طوری‌که میانگین وزن هزار دانه رقم گیزاوان ۲/۷۳ گرم و بالاتر از میانگین وزن هزار دانه رقم تیتی‌کاکا ۲/۴۶ گرم بود. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۷۵ ، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر وزن هزار دانه در دو رقم مشاهده نشده است. بیشترین میزان وزن هزار دانه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار (۲/۹۷ گرم) و کمترین میزان آن در شاهد (۱/۷۴ گرم) مشاهده شد (جدول ۴). افزایش کاربرد نیتروژن به‌دلیل افزایش سطح سبز گیاهی و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی، دوره گل‌دهی و باروری گل‌ها و در نتیجه، افزایش تعداد خوشه و وزن هزار دانه می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که کمتر بودن وزن هزار دانه در تیمار بدون مصرف نیتروژن به‌علت ضعف گیاه در ساخت و انتقال مواد غذایی به دانه‌هاست.

با افزایش کود نیتروژن وزن هزار دانه کینوا افزایش یافت، به‌طوری‌که حداکثر وزن هزار دانه کینوا با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۲/۸۵ گرم بود و از نظر آماری با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (وزن هزار دانه ۲/۷۱ گرم) تفاوت معنی‌دار نداشت (Azarpour.et al., 2014). نتایج تحقیقی نشان داد که وزن هزار دانه کینوا (۲/۱ گرم) از سطح ۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت تأثیر کود نیتروژنه قرار نداشت (Basra et al., 2014). مطالعه دیگر نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه ۱/۷۷ گرم با کاربرد ۰/۸ گرم نیتروژن در هر گلدان (دو بوته در هر گلدان) حاصل شد و با افزایش کاربرد کود نیتروژن به‌مقدار ۱/۲ گرم نیتروژن وزن هزار دانه کاهش و به ۱/۵۸ گرم رسید (Thanapornpoonpong et al., 2008) آوادالا و همکاران (Awadalla et al., 2017) بیان کردند در دو سال متوالی با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارقام کینوا مورد بررسی، میانگین وزن هزار دانه افزایش یافت و به‌ترتیب به ۴/۷۵ و ۴/۳۶ گرم رسید. لازم به ذکر است که وزن هزار دانه کینوا در مقایسه با گیاه تاج خروس بالاتر بوده، به‌طوری‌که در بررسی دو رقم تاج خروس در تایلند، میانگین ۰/۷ گرم وزن هزار دانه گزارش شده است (Thanapornpoonpong, 2004)، ولی در مقایسه با بسیاری از غلات از جمله گندم (*Triticum*)، ذرت (*Zea mays*) و برنج (*Oryza sativa*)، وزن دانه کم‌تری دارد (Talebnejad et al.,2015).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن، رقم و برهم‌کنش این دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). عملکرد دانه کینوا بین ۴۷۴/۳۷ و ۲۲۹۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در شاهد و تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش کود مصرفی، عملکرد دانه افزایش یافت. عملکرد

دانه در سطوح کودی ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشابه و بیشتر از عملکرد در سطح ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه در ارقام مختلف، حاکی از افزایش عملکرد بیشتر دانه گیزاوان در مقایسه با تیتی‌کاکا بود (جدول ۴) مقایسه میانگین سطوح مختلف کود نیتروژنی و رقم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در رقم گیزاوان با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین آن در تیتی‌کاکا بدون مصرف کود نیتروژنه حاصل شد.

برهم‌کنش تیمارها نشان داد در رقم گیزاوان بیشترین عملکرد دانه (۲۳۶۳ کیلوگرم بر هکتار) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد و پس از آن کاهش یافت، امّا در رقم تیتی‌کاکا بیشترین عملکرد دانه (۲۳۷۲ کیلوگرم بر هکتار) در سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار به‌دست آمد و واکنش آن تا بالاترین سطح کود نیتروژن به‌صورت خطی برازش شد (شکل ۳).

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش مصرف نیتروژن تا حدی(تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) که مقدار آن در خاک برای رفع نیاز گیاه طی مراحل رشد و نمو کافی باشد، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود و مقادیر بیشتر آن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نخواهد داشت، حتی در مواردی عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. از آنجایی که مصرف کود نیتروژن بر فعل و انفعالات بیوشیمیایی، فتوسنتز، افزایش طول دوره رویش و تجمع ماده خشک بیشتر اندام‌های هوایی و اجزای عملکرد دانه مؤثر است، به نظر می‌آید تاثیر آن بر عملکرد دانه بدیهی باشد (Basra et al., 2014). نتایج مطالعات نشان داد که ارتفاع بوته، مدت رسیدگی و عملکرد کینوا و آمارانت (*Amaranthus tricolor L*)در شرایط بهینه خاک افزایش یافت، امّا در سطوح بالای کود نیتروژن، عملکرد دانه کاهش یافت. این نتایج با افزایش رشد رویشی و کاهش گل‌آذین به‌دلیل کاربرد نیتروژن قابل توضیح است (Bhargava.et al., 2014).

در برخی گیاهان، نیتروژن اضافی و بیش از ظرفیت گیاه به‌عنوان یک عامل منفی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد و این امر می‌تواند در اثر کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها به‌علت افزایش انتقال مجدد زودتر از موعد نیتروژن از برگ‌ها به دانه، احیای کمتر به‌دلیل وارد شدن نیتروژن بیشتر در چرخه احیای نیترات، افزایش رشد رویشی، به‌هم خوردن تعادل جذب عناصر غذایی، ایجاد سمیت در گیاه و در نتیجه، تشکیل یون آمونیوم و کوتاه بودن دوره رشد رویشی نسبت به زایشی در این ارقام باشد (Zangani et al., 2007). گزارش شده است که افزایش عملکرد دانه کینوا با افزایش کاربرد کود نیتروژن از ۹۰ تا ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بسیار متفاوت بود و دلیل آن ممکن است اختلاف شرایط اگرواکولوژیکی و ژنتیکی کینوا باشد (Shams, 2010). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2021) در بررسی سطوح آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه کینوا رقم تیتی‌کاکا مشاهده کردند که با افزایش میزان نیتروژن و آبیاری عملکرد دانه افزایش می‌یابد و بیشترین عملکرد دانه کینوا (۳۸۳۵/۴ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۷۵۰۰ مترمکعب آبیاری در هکتار حاصل گردید. کومایی (Comai, 2007) بیان داشت که کاربرد ۰، ۱۱۹ و ۲۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با کودهای زیستی منجر به افزایش مداوم عملکرد دانه در هر هکتار کینوا در مقایسه با شاهد شد.

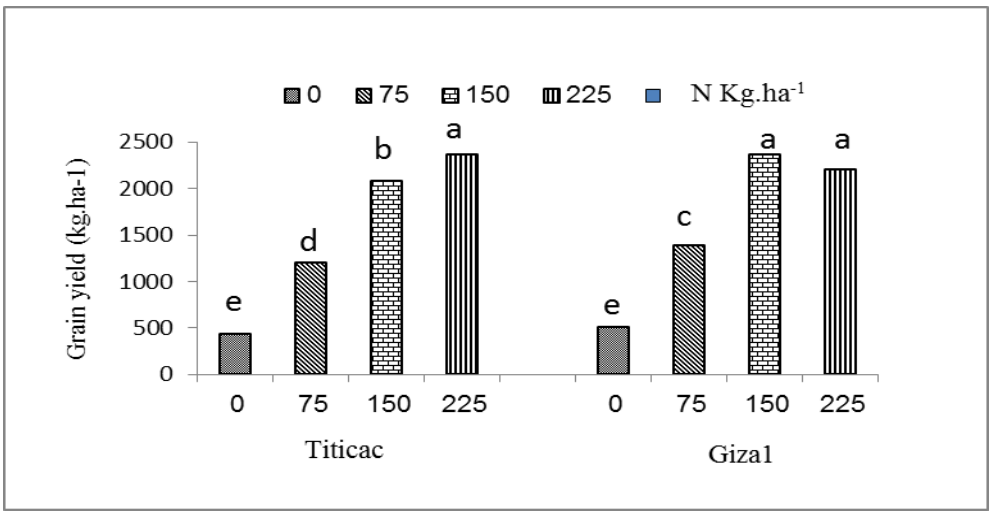
کویرو و همکاران(Koyro et al., 2008) بیان داشتند که کینوا قادر به کامل کردن چرخه زندگی خود و تولید دانه حتی در شوری آب دریا است و عملکرد، تعداد دانه در گیاه، ماده خشک در حضور شوری زیاد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

عملکرد بیولوژیک

اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود، امّا بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. برهم‌کنش سطوح نیتروژن و رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب با عملکرد بیولوژیک ۶۷۵۶/۹۲ و ۶۸۳۷/۸ کیلوگرم در هکتار در یک سطح آماری قرار گرفتند و در سطوح بعد به‌ترتیب تیمار ۷۵ و شاهد با عملکرد بیولوژیک ۶۳۱۲/۷۵ و ۳۶۱۲/۸۱ کیلوگرم در هکتار واقع شدند. رقم تیتی‌کاکا و رقم گیزاوان به‌ترتیب با عملکرد بیولوژیک ۵۸۳۵/۰۲ و ۵۸۸۲/۱۱ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. (جدول ۴).

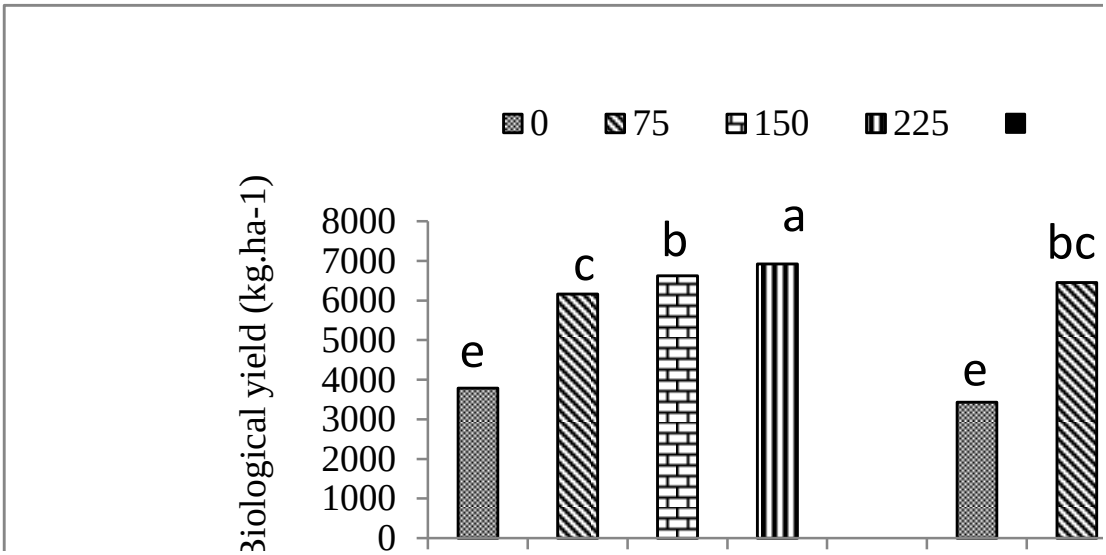
بررسی نتایج اثر متقابل سطوح رقم و نیتروژن نشان داد، بیشترین عملکرد بیولوژیک در رقم تیتی‌کاکا از سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۶۹۲۳ کیلوگرم در هکتار) و در رقم گیزاوان از سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۷۰۴۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و کمترین آن در هر دو رقم بدون مصرف کود نیتروژنه حاصل شد (شکل۴).



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح نیتروژن و رقم بر عملکرد دانه کینوا

Fig. 3- Mean comparisons for the effect of nitrogen levels and cultivar on the grain yield in quinoa plant

افزایش عملکرد بیولوژیک به‌وسیله تیمارهای نیتروژن به بهبود سطح برگ و کارآیی فتوسنتزی نسبت داده شده است، زیرا نیتروژن بخشی از آنزیم روبیسکو دخیل در فرآیند فتوسنتز است و نیتروژن با تسریع رشد سلول‌های مریستم انتهایی گیاه زمینه را برای رشد گیاه فراهم می‌کند (Arduini et al., 2006). شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش وزن تک‌بوته و در نهایت، عملکرد بیولوژیک می‌گردد. علت آن نیز می‌تواند افزایش سطح سبز گیاه و در نتیجه، افزایش ماده‌سازی باشد (Zangani et al., 2007). آوادالا و همکاران (Awadalla et al., 2017) گزارش دادند که با کاربرد نیتروژن از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک کینوا نسبت به شاهد به‌ترتیب ۵۲/۹ و ۵۹/۷ و ۶۳/۴ درصد افزایش پیدا کرد و رقم رگالونا با کاربرد۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب در سال اول و دوم به حداکثر عملکرد بیولوژیک ۲۴۲۰/۵و ۲۴۳۲ کیلوگرم در هکتار رسید.



شکل ٤- مقایسه میانگین تأثیر سطوح نیتروژن و رقم برعملکرد بیولوژیک کینوا

Fig. 4- Mean comparisons for the effect of nitrogen levels and cultivar on the biological yield in quinoa plant

شاخص برداشت

اثر نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. بالاترین شاخص برداشت (۳۳/۸۸درصد) در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و کمترین (۱۳/۲۳درصد) در شاهد حاصل شد، امّا اثر رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۳). از نظر آماری شاخص برداشت در تیمارهای۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن مشابه و بالاتر از تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار بود (جدول ۴).

شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک است. بالا بودن شاخص برداشت نمایانگر انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از گیاه به دانه است. مصرف نیتروژن به‌دلیل افزایش بیشتر عملکرد دانه منجر به افزایش شاخص برداشت می‌گردد. در تحقیق حاضر، شاخص برداشت کینوا با افزایش کود نیتروژنه تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار افزایش یافت. افزایش شاخص برداشت کینوا با افزایش سطح نیتروژن اساساً به‌دلیل نقش نیتروژن در تحریک فعالیت‌های متابولیکی است که باعث تولید عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شود (Shams, 2012). اگرچه افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا مقدار مشخصی باعث افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک گردید، امّا تولید بافت‌های ساختمانی گیاه را کمتر افزایش داده و بدین ترتیب افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش نسبت دانه به زیست‌توده کل شد. در همین رابطه جودی و همکاران (Jodi et al., 2011) بیان کردند، افزایش شاخص برداشت در اثر افزایش سطوح مصرف نیتروژن، به‌دلیل تأثیر کمتر کود نیتروژن بر افزایش رشد رویشی و عملکرد بیولوژیک، در مقایسه با عملکرد دانه بود.

بسرا و همکاران (Basra et al., 2014) بیان داشتند که شاخص برداشت با افزایش تیمارهای نیتروژنه از ۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار افزایش یافت، امّا در سطح ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار کاهش یافت. ظرفیت تولید هر گیاه زراعی نه تنها به کارآیی فتوسنتزی آن بستگی دارد، بلکه به انتقال مؤثر ترکیبات به دانه‌ها نیز بستگی دارد که با شاخص برداشت اندازه‌گیری می‌شود. این تخصیص مواد فتوسنتزی بین قسمت‌های رویشی و تولید مثل می‌تواند با روش-های زراعی مانند تاریخ کاشت، تراکم بوته، کود و آبیاری اصلاح شود (Bertero et al., 2007).

در پژوهش حاضر، شاخص برداشت تنوع چشمگیری را نشان داد و از ۱۳/۲۳ تا ۳۳/۸۸ درصد متغیر بود و تحت تأثیر سطح نیتروژن قرار گرفت. با این وجود، این محدوده نسبت به گزارش روجاس و همکاران (Rojas et al., 2003). بسیار نزدیک است که در بررسی ارقام متنوع کینوا در بولیوی شاخص برداشت را در بازه ۶ تا ۸۷ درصد گزارش کردند.

یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج بعضی از محققان ایرلی و همکاران (Erley et al., 2005)، شمس (Shams, 2012) و برترو و همکاران (Bertero et al., 2007) مطابقت داشت، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سطح بهینه برای مصرف نیتروژن از خاک برای رشد کینوا در شرایط اکولوژیکی منطقه جنوب استان خوزستان بود. ایرلی و همکاران (Erley et al., 2005) دریافتند که شاخص برداشت برخی از ارقام کینوا (کوچابامبا) با افزایش کاربرد نیتروژن افزایش یافت. سزیلجی و جورنسگارد (Szilagyi & Jornsgard, 2014) گزارش دادند که مقادیر بالا و پایین شاخص برداشت مربوط به رسیدگی زودرس و دیررس ژنوتیپ‌های کینوا می‌باشد. آن‌ها دریافتند، ژنوتیپ‌ها با رسیدگی زودرس شاخص برداشت بالاتر از ژنوتیپ‌های دیررس را ثبت کردند. همچنین مقادیر پایین شاخص برداشت برای ارقام دیررس و مقادیر بالا برای ژنوتیپ‌های زودرس از نتایج مشابه سپهار و همکاران (Spehar et al., 2005) می‌باشد. به نظر می‌رسد که بهبود شاخص برداشت و عملکرد دانه کینوا علاوه‌بر میزان نیتروژن به عوامل مختلفی مانند تنوع ژنوتیپی و شرایط محیطی بستگی دارد.

پروتئین دانه

محتوای پروتئین دانه تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن، رقم و برهم کنش این دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقدار پروتئین در دانه به‌تدریج با افزایش سطح نیتروژن افزایش یافت. بیشترین محتوای پروتئین دانه (۲۰/۳ درصد) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که از نظر آماری با تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتاراختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان پروتئین کینوا در شاهد (۸/۰۹ درصد) بود. میانگین پروتئین دانه به‌طور معنی-داری در رقم گیزاوان بالاتر از رقم تیتی‌کاکا بود (جدول ۴).

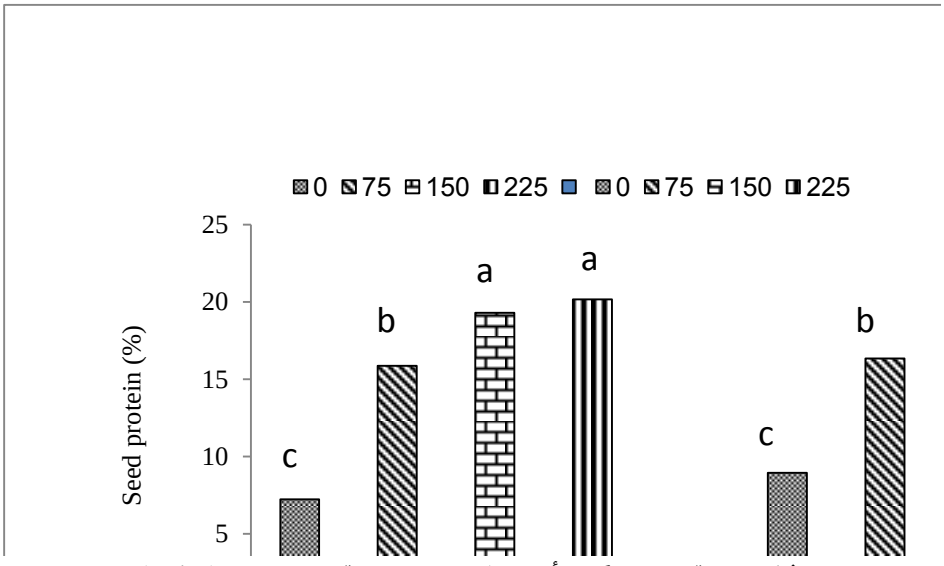
ارقام مورد آزمایش عکس‌العمل متفاوتی نسبت به تنش شوری نشان دادند که این امر ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام گیاه در

تولید وزن خشک و جذب نیتروژن در محیط شور می‌باشد. یکی از عناصر اصلی ساختمان پروتئین، نیتروژن است. افزایش کاربرد کود اوره در تحقیق حاضر باعث بیشتر شدن پروتئین‌های کینوا شد. افزایش میزان پروتئین، ممکن است در اثر سنتز پروتئین تحت تنش شوری در کینوا باشد که می‌تواند به‌عنوان مکانیسمی برای سازش بیشتر در برابر تنش شوری محسوب شود.

بیشترین مقدار پروتئین در دانه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که ۶۰ درصد بیشتر از شاهد بود و در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۵۹ درصد بالاتر از شاهد بود (جدول ۴). پروتئین بالاتر در سطح نیتروژن بالاتر عمدتاً به‌دلیل نقش ساختاری نیتروژن در ساخت اسیدهای آمینه بود (Hunt, 1978; Roggatz & Schurr, 1999). افزایش تدریجی محتوای پروتئین دانه کینوا با افزایش میزان نیتروژن نیز توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (Gomaa. 2013Bhargava et al., 2006;).

بررسی نتایج اثر متقابل سطوح رقم و نیتروژن نشان داد، بیشترین پروتئین دانه در رقم تیتی‌کاکا از سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۲۰/۱۷ درصد) و در رقم گیزاوان از سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۲۱/۳۷ درصد) به‌دست آمد و کمترین آن در هر دو رقم در شاهد کود نیتروژن حاصل شد (شکل ۵).

ایرلی و همکاران (Erley et al., 2005) گزارش کرده‌اند در دو رقم کینوا (فارو و کوچابامبا) با افزایش سطح نیتروژن از ۰ به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌طور تدریجی میزان پروتئین به‌ترتیب از ۱۲/۳ درصد به ۱۴/۶ درصد افزایش یافت. میراندا و همکاران (Miranda et al., 2013) بیان داشتند میزان پروتئین در ارقام مقاوم به سرمای بایر، رگالونا و ویلاریکا به‌طور متوسط ۱۸/۸ درصد بود. همچنین کاکابوکی و همکاران (Kakabouki et al., 2014) اظهار داشتند که افزایش سطح نیتروژن باعث افزایش مقدار پروتئین کینوا از ۷ درصد به ۲۷ درصد، تحت سیستم‌های خاک‌ورزی مختلف شد. این نتایج در منابع مختلف اندکی بالاتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در این تحقیق در شرایط اکولوژی استان خوزستان می‌باشد که ممکن است به‌دلیل تفاوت در بافت خاک، ارقام زراعی و شرایط محیطی باشد. مهم‌ترین عاملی که میزان پروتئین دانه را تعیین می‌کند در دسترس بودن نیتروژن است و مشخص شده است که کینوا به کود نیتروژن بسیار حساس است و میزان بالاتر پروتئین همراه با عملکرد بالا در این محصول را فقط با کاربرد نیتروژن بالاتر می توان نتیجه گرفت (Bhargava et al., 2007). فرآیندهای حیاتی گیاهان وابسته به حضور میزان مناسبی نیتروژن در بافت‌های آن‌ها دارد. سنتز پروتئین، کلروفیل و سنتز آنزیم‌ها وابسته به نیتروژن است. همچنین می‌توان افزایش میزان پروتئین به‌وسیله تیمارهای نیتروژن را به بهبود سطح برگ و کارآیی فتوسنتزی نسبت داد (Arduini et al., 2006).



شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر سطوح نیتروژن و رقم بر پروتئین دانه کینوا

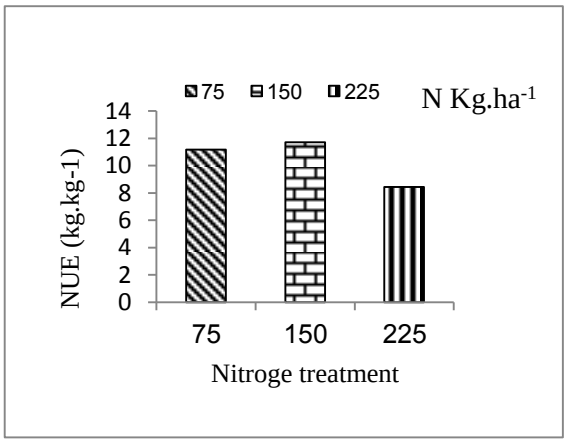
Fig. 5- Mean comparisons for the effect of nitrogen levels and cultivar on the seed protein in quinoa plant

کارایی مصرف نیتروژن

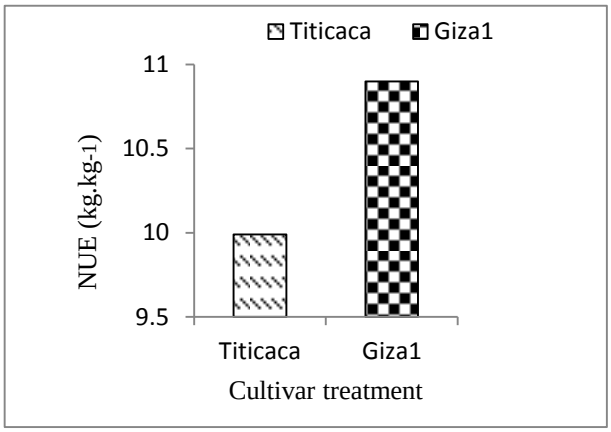
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌داری بود، ولی تأثیر رقم و برهم‌کنش رقم و سطوح کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۱۱/۷۲ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین کارایی مصرف نیتروژن و تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۸/۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم کمترین کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

در این بررسی با افزایش میزان نیتروژن، کارایی مصرف کاهش یافت. به‌طور کلی، زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آن‌ها واکنش مثبت نشان می‌دهد، و با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشتر کودی کمتر می‌شود. بنابراین، کارایی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود. آوادالا و همکاران (Awadalla et al., 2017) اظهار داشتند همه اجزای عملکرد کینوا به‌تدریج با افزایش کاربرد نیتروژن از ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت، امّا کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت و حداکثر کارایی مصرف نیتروژن ۸/۶۹ و ۶/۱۵ کیلوگرم بر کیلوگرم با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب در سال اول و دوم حاصل شد و نیز بیان داشتند کاربرد حداکثر سطح کود اوره احتمالا منجر به جذب ضعیف نیتروژن و کاهش کارایی آن به‌دلیل تلفات بیش از حد نیتروژن باشد. شمس (Shams 2012), نشان داد که میزان کاهش در کارایی مصرف نیتروژن با افزایش سطح نیتروژن از ۹۰ تا ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۳۶/۳۰، ۴۲/۶۲ و ۴۹/۲۶ درصد در سال اول و ۲۰/۴۰، ۳۶/۴۳ و ۳۹/۳۶ درصد در سال دوم بود. در واقع، میزان کارایی مصرف نیتروژن با افزایش میزان نیتروژن روندی کاهشی داشته است و بالاترین کارایی استفاده از کود با جذب اولین واحد نیتروژن به‌دست آمده است. کاهش کارایی مصرف نیتروژن کینوا با افزایش سطح نیتروژن توسط محققین مختلف تأیید شده است (Schulte et al., 2005; Pospisil et al., 2006; Abou-Amer et al., 2011).

ارقام مورد بررسی از لحاظ صفت کارایی مصرف نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشتند، امّا رقم گیزاوان دارای کارایی مصرف نیتروژن بالاتری بود. با توجه به تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش میزان عملکرد دانه، سطح سبز گیاهی و توانایی ارقام در استفاده بهینه از عوامل محیطی این رقم توانسته است کارایی بیشتری در مصرف نیتروژن نسبت به رقم تیتی‌کاکا در جذب و هدایت نیتروژن به‌منظور تولید عملکرد اقتصادی داشته باشد. آوادالا و همکاران (Awadalla et al., 2017) نیز اختلاف ژنتیکی در کارایی مصرف نیتروژن در هیبریدهای کینوا را گزارش نموده‌اند. تاناپورونپونگ (Thanapornpoonpong, 2004) مشاهده کردند، علاوه‌بر اینکه کارایی مصرف نیتروژن با کاربرد ۰/۸ تا ۱/۲ گرم نیتروژن در هر گلدان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، کینوا رقم تانگو کارایی مصرف نیتروژن (۲۳/۲۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) بیشتر از رقم فارو (۱۸/۳۱ کیلوگرم بر کیلوگرم) نشان داد.



شکل ٦- تأثیر سطوح رقم بر کارایی مصرف نیتروژن کینوا
Fig. 6- Effect of cultivar levels on NUE



شکل ۷- تأثیر سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن کینوا
Fig. 7- Effect of nitrogen levels on NUE

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از تحقیق، افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و میزان نیتروژن دانه گردید. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در رقم گیزاوان با عملکرد متوسط ۲/۳۶ تن در هکتار و میانگین پروتئین دانه ۲۱/۳۷ درصد در شرایط آب و هوای جنوب استان خوزستان همراه با کاربرد زه‌آب حاصل از کشت نیشکر بهترین عملکرد و کیفیت دانه را تولید کرد. بررسی ارقام در هر منطقه جهت یافتن و معرفی سازگارترین ارقام برای تولید حداکثر، از اولین گام‌های استفاده بهینه از منابع می‌باشد به‌خصوص هنگامی که تغییراتی در شرایط اکولوژیکی ایجاد شده و موجب محدودیت در برخی از منابع می‌شود و یا شرایط محیطی به‌گونه‌ای تغییر می‌یابد که تولید را به مخاطره می‌اندازد، بررسی ارقام ضرورت یافته و ارقامی که قادر به ایجاد بیشترین سازگاری با شرایط محیطی باشند، باید شناسایی و توصیه شوند. در این پژوهش مشخص شد که از بین ارقام، رقم گیزاوان بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک را تولید کرد. کینوا به‌دلیل تنوع ژنتیکی بالا و تطابق پذیری به اقلیم‌های مختلف، ارزش غذایی بالا و کارایی بالای استفاده از منابع، می‌تواند گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب و خاک نامتعارف جنوب استان خوزستان باشد. پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های آینده بر روی محصول کینوا در مکان‌های مختلف با روش‌های مختلف زراعی و سطوح کودی دیگر انجام شود تا اطمینان حاصل شود که نتایج در طول زمان نسبتاً سازگار هستند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان و شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌واسطه حمایت‌های مالی قدردانی می‌نمایند.

Refrences

Aamer, S., Hassan, M., Ehsanullah, Shakeel, A.A., Mohsin, T., and Aziz, R., 2014. Growth and development of *Chenopodium quinoa* genotypes at different sowing dates. Journal of Agricultural Research 52(4): 535-546.

Abou-Amer, A.I., and Kamel, A.S., 2011. Growth, yield and nitrogen utilization efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under different rates and methods of nitrogen fertilization. Egyptian journal of agronomy 33(2): 155-166. 10.21608/agro.2011.156

Algosaibi, A.M., El-Garawany, M.M., Badran, A.E., and Almadini, A.M., 2015. Effect of irrigation water salinity on the growth of quinoa plant seedlings. Journal of Agricultural Science 7(8): 205. 10.5539/jas.v7n8p205

Alshameri, A., Al-Qurainy, F., Khan, S., Nadeem, M., Gaafar, A.R., Tarroum, M., Alameri, A., Alansi, S., Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., and Mariotti, M., 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. The European Journal of Agronomy 25: 309-318. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.06.009

Almaliotis, D., Therios, I., & Karatassiou, M. 1996, September. Effects of nitrogen fertilization on growth, leaf nutrient concentration and photosynthesis in three peach cultivars. In II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 449 (pp. 529-534).

Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., & Mariotti, M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. European Journal of Agronomy, 25(4), 309-318.

Awadalla, A., and Morsy, S., 2017. Influence of planting dates and nitrogen fertilization on the performance of quinoa genotypes under Toshka conditions. Egyptian Journal of Agronomy 39(1): 27-40. 10.21608/agro.2017.440.1047

Azarpour, E., Bozorgi, H.R., Moraditochaee, M., 2014. Effects ofascorbic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management in spraying cultivation ofquinoa (*Chenopodium quinoa*) in North of Iran. Biological Forum – An International Journal. 6(2): 254-260

Basra, S.M.A., Iqbal, S., and Afzal, I., 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. International Journal of Agriculture and Biology 16(5): 886-892. http://www.fspublishers.org

Bertero, H.D., De La Vega, A.J., Correa, G., Jacobsen, S.E., and Mujica, A., 2004. Genotype and genotype-by-

environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. Field Crops Research 89: 299-318. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.02.006

Bhargava, A., Shukla, S., and Ohri, D., 2006. *Chenopodium quinoa*-An Indian perspective. Industrial Crops and Products 23: 73–87. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002

Bhargava, A., Shukla, S., and Ohri, D., 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research 101: 104–116. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.10.001

Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen-total. In: A.L. Page (Ed). Methods of soil analysis, part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 594-622.

Chakraborty, U., Roy, S., Chakraborty, A.P., Dey, P., and Chakraborty, B., 2011. Plant growth promotion and amelioration of salinity stress in crop plants by a salt-tolerant bacterium. Recent Research in Science and Technology 3: 61-70.

Comai, S., Bertazzo, A., Bailoni, L., Zancato, M., Costa, C.V.L., and Allegri, G., 2007. The content of proteic and nonproteic (free and protein bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. Food Chemistry Journal. 100: 1350-1355. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.072

Craswell, E.T., and Godwin, D.C., 1984. The efficiency of nitrogen fertilizer applied to cereals in different climates. In: "Advances in plant Nutrition" In: P.B. Tinker and Luchli A. (Eds) Vol. I. Praeger publ. Country.

Erley, G.S.A., Kaul, H., Kruse, M., and Aufhammer, W., 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. The European Journal of Agronomy 22: 95–100. https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.11.002

FAO, 2011. Quinoa; An Acient Crop to Contribute to World Food. Agricultuer Marketing Resourse Center.Security. 63 p.

Flowers, T.J., and Flowers, S.A., 2005. Why does salinity pose such a different problem for plant breeders? Agricultural Water Management 78: 15-24.

Francois, L.E., Grieve, C.M., Maas, E.V., and Lesch, S.M., 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal 86(1): 100-107. https://doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600010019x

Gomaa, E.F., 2013. Effect of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on quinoa plant. Journal of Applied Sciences Research 9(8): 5210-5222.

Gómez-Pando, L. R., Álvarez-Castro, R., & Eguiluz-De La Barra, A. 2010. Effect of salt stress on Peruvian germplasm of Chenopodium quinoa Willd.: a promising crop. Journal of agronomy and crop science, 196(5), 391-396.

Harper, J.E., 1994. Nitrogen Metabolism. In: K.J. Boote J.M. Bennett T.R. Sinclair and Paulsen G.M. (Eds). Physiology and determination of crop yield. Madison, Wisconsin, USA: 285-302 https://doi.org/10.2134/1994.physiologyanddetermination.c19.

Hassan Aghli, A., 2005. Drainage Management from Drainage Systems and Its Reuse in Agriculture, Fourth Drainage and Environment Technical Workshop, Tehran, National Irrigation and Drainage Committee, https://www.civilica.com (In Persian)

Hooshmand, A., and Behdarvandi, H., 2007. Assessing the quality of agricultural drains of Karun agro-industry for reuse in agriculture. The Second National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management, Ahvaz, Chamran University, Iran. https://www.civilica.com/Paper-IDNC02-IDNC02_373.html (In Persian)

Hunt, R., 1978. Plant Growth Analysis. The institute of biology's studies. Edward Arnold, London, UK. 96(37).

Jacobsen, S.E., Liu, F., and Jensen, C.R., 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Scientia Horticulturae 122: 281-287. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.05.019

Jamali, S., Sharifan, H., Hezar Jaribi, A., and Sepahvand, N.A., 2016. Investigation of the effect of different salinity levels on germination and growth indices of two cultivars of *Chenopodium quinoa* Willd. Protection of Water and Soil Resources 6(1): 87-97. (In Persian with English Summary)

Jodi, F., Tobeh, A., Ebadi, A., Mostafaee, H., and Jamaatisamaren, S., 2011. Effect of Nitrogen on yield, yield components, agronomic efficiency and nitrogen on lentil genotypes. Electronic Journal of Plant Production 4(4): 39-50. (In Persian with English Summary)

Kakabouki, I., Bilalis, D., Karkanis, A., Zervas, G., Tsiplakou, E., and Hela, D., 2014. Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop, Emirates Journal of Food and Agriculture 26(1): 18-24. DOI:10.9755/ejfa.v26i1.16831

Khanali, M., Yousefinejad, M., Ebrahimi, N., and Dehban, H., 2016. Use of drainage in irrigation of agricultural products. CESET International Conference on Environmental Science, Engineering and Technology, Tehran, Iran. (In Persian)

Kholdebarin, B., and Islamzadeh, T., 2003. Mineral Nutrition of Excellent Plants. Shiraz University Press, Iran.570. (In Persian)

Koyro, H., and Eisa, S., 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant and Soil 302: 79-90.

Khuzestan Water and Power Authoriy Company Report(Kwpa). 2011. Khuzestan province drainage management studies report. 215. (In Persian)

Lotfollahi, M., 2012. Investigation of changes in wheat grain protein through foliar application of nitrogen fertilizer. Journal of Agriculture and Plant Breeding 8(4): 12-6. (In Persian with English Summary)

Long, N.V., 2016. Effects of salinity stress on growth and yield of quinoa. Vietnam Journal of Agricultural Sciences 14(3): 321-27.

Mengel, k., 1992. Nutrition and Metabolism of Plants. Translated by Mohammad Reza Haghparast Tanha. Islamic Azad University of Rasht Publications, Iran. 198 p. (In Persian)

Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Martínez, E.A., López, J., Marín, R., Aranda, M., and Fuentes, F., 2013. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: Nutritional and functional properties. Chilean Journal of Agricultural Research 73(2): 108-116.

Muchow, R.C., 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment III. Grain yield and nitrogen accumulation. Field Crops Research 18(1): 31-43. https://doi.org/10.1016/0378-4290(88)90056-1

Omar, S.A., Injy, M.M., and Rasha, M.A., 2014. Genetic evaluation of some quinoa genotypes under Ras Suder conditions. Journal of Plant Production, Mansoura University 5(11): 1915-1930.

Peterson, A., and Murphy, K., 2015. Tolerance of lowland quinoa cultivars to sodium chloride and sodium sulfate salinity. Crop Science 55: 331-338.

Prystupa, P., Slafer, G., and Savin, A., 2004. Leaf Appearance, Tillering and their Coordination in Response to N × P Fertilization in Barley. Netherlands: Springer.

Pospisil, A., Pospisil, M., Vaga, B., and Svevnjak, S., 2006. Grain yield and protein concentration of two amaranth species as influenced by nitrogen fertilization. European Journal of Agronomy 25: 250-253. DOI:10.1016/j.eja.2006.06.001

Rajiv, K., and Misra, R.L., 2011. Studies on nitrogen application in combination with phosphorus or potassium on gladiolus cv. Jester Gold. Indian Journal Horticultural 68(4): 535-539.

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Latifi, H., Farzaneh Belgerdi, M.R., and Davarpanah, S.J., 2021. Optimization of irrigation and nitrogen levels on yield, water use efficiency, and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) by using the surface-response methodology. Iranian Journal of Field Crops Research Vol. 19(2): 185-199. (In Persian with English Summary)

Rojas, W., Barriga, P., and Figueroa, H., 2003. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food Reviews International 19: 9–23. https://doi.org/10.1081/FRI-120018864

Roggatz, U., Mcdonald, A.J.S., Stadenberg, I., and Schurr, U., 1999. Effects of nitrogen deprivation on cell division and expansion in leaves of *Ricinus communis* L. Plant Cell Environ 22: 81–89

Sa-Nguansak, T., 2004. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth (*Amaranthus spp*.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Doctora Dissertation, Submitted for the degree of Doctor of Agricultural Sciences of the Facultyof Agricultural Sciences, Georg-August-University of Göttingen from Phayao, Thailand, Göttingen, November.

Shabala, S., Hariadi, Y., and Jacobsen, S.E., 2013. Genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem Na^+ loading and stomatal density. Journal of Plant Physiology 170(10): 906-914. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.01.014

Shams, A.S., 2010. Combat degradation in rainfed areas by introducing new drought tolerant crops in Egypt. 4th

International Conference on Water Resources and Arid Environments, Riyadh, Saudi Arabia, 5-8 December, pp. 575-582.

Shams, A.S., 2012. Response of quinoa to nitrogen fertilizer rates under sandy soil conditions, Proc. 13th International Conference Agriculture., Faculty of Agriculture, Benha University., Egypt, 9-10 September 2012, p. 195-205.

Shoman, H.A., 2018. Effect of sowing dates and nitrogen on productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) at Desert Areas Journal Plant Production, Mansoura Univercity 9(4): 327-332.

Spehar, C.R., and De Barros Santos, R.L., 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. Pesquisa Agropecuária Brasileira 40(6): 609-612.

Schulte, A.E.G., Kaul, H.P., Kruse, M., and Aufhammer, W., 2005. Yield and nitrogenutilization efficiency of the pseudo cereals amaranth, quinoa, and buck wheat under differing nitrogen fertilization. European Journal of Agronomy 22(1): 95-100. https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.11.002

Szilagyi, L., and Jornsgard, B., 2014. Preliminary agronomicevaluation of *Chenopodium quinoa* Willd. under climatic conditions of Romania. Scientific Papers. Series A. Agronomy., LVII: 339-343.

Talebnejad, R., and Sepaskhah, A.R., 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. Agricultural Water Management 148: 177-188. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.005

Thanapornpoonpong, S., 2004. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth (*Amaranthus spp*.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Doctoral Dissertation, Doctor of Agricultural Sciences of the Faculty of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Chemistry, Georg-August-University of Göttingen.

Thanapornpoonpong, S., Vearasilp, E., Pawelzik, S., and Gorinstein, S., 2008. Influence of various nitrogen applications on protein and amino acid profiles of amaranth and quinoa. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 11464–11470. https://doi.org/10.1021/jf802673x

United Statets Environmental Protection Agency (USEPA). 1990. National Water Quality Inventory. Report to Congeres. Washington D.C., EPA. 503/9-92-006.

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. Journal of Plant Nutrition 25(12): 2689-2704. https://doi.org/10.1081/PLN-120015532

Wu, G., Peterson, A.J., Morris, C.F., and Murphy, K.M., 2016. Quinoa Seed Quality Response to Sodium Chloride and Sodium Sulfate Salinity. Frontiers in Plant Science 7: 790. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4891947/. (In Persian)

Yazar, A., Incekaya, C., Sezen, S.M., and Jacobsen, S.E., 2015 Saline water irrigation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under Mediterranean conditions. Crop and Pasture Science 66: 993–1002. https://doi.org/10.1071/CP14243

Yazar A., Metin S., Yeşim, S.B., Çiğdem, İ., and Servet, T., 2017. Effect of planting times and saline irrigation of quinoa using drainage water on yield and yield components under the Mediterranean environmental conditions. International Journal of Research in Agriculture and Forestry 4(8): 8-16.

Zangani, A., Kashani, A., Fathi, G.H., and Meskarbashi, M., 2007. Effect of different nitrogen levels on yield andyield components of two cultivars of rapeseed quantity and quality in Ahwaz. Journal of Agriculture Sciences 39-45. (In Persian with English Summary)

Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Read, J.J., and Koti, S., 2005. Selection of optimum reflectance ratios for estimating leaf nitrogen and chlorophyll concentrations of field-grown cotton. Agronomy Journal 97: 89–98. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0089