تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۶، شهریور ماه ۱۳۹۹ (ص ۱۴۵۵-۱۴۴۱) DOI:10.22059/ijswr.2020.294227.668432

The Effect of Nitrogen Fertilizer on Some Growth Traits and Yield of Quinoa *(Chenopodium quinoa Willd*) Irrigated with Sugar-cane Fields Drainage Water

PAYVAND PAPAN[1], ABDOLAMIR MOEZZI[1*], MOSTAFA CHOROM[1], AFRASYAB RAHNAMA[2]
1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
(Received: Dec. 23, 2019- Revised: Feb. 23, 2020- Accepted: Feb. 29, 2020)

ABSTRACT

In order to study the effect of nitrogen and irrigation application with sugar-cane effluent on yield, yield components, grain nitrogen and nitrogen use efficiency of Quinoa (Gizzavan), a field trial was conducted as split plot design in 2018-19. In this experiment, four levels of nitrogen fertilizer (0, 75, 150, 225 kg ha^{-1}) using urea fertilizer as a main factor and three levels of irrigation water including control (Karun river water with 2.5 dS m^{-1} salinity), alternative irrigation with river water and sugar-cane effluent (with salinity of about 5 dS m^{-1}), and irrigation with sugar-cane effluent (with 7.5 dS m^{-1} salinity) as sub-factor were performed in three replications. The maximum leaf area index, grain yield, index harvesting and nitrogen content of quinoa seed were obtained with application of 150 kg N ha^{-1}. The maximum 1000-grain weight (2.77 g) was observed in treatment irrigated with Karun river water. Application of 150 kg N ha^{-1} and alternative irrigation improved leaf area index (51%), grain yield (79%), harvest index (60%), grain nitrogen content (61%) and finally increased nitrogen use efficiency. In irrigation treatment using sugarcane effluent, increasing nitrogen levell in the soil, not only did not mitigate the adverse effects of salinity, but also decreased the nitrogen content of the seed. Generally, the results of this study indicated that using adequate nitrogen fertilizer can mitigate the detrimental effects of salinity on plant growth and yield.

Keywords: Nitrogen, Quinoa, Seed Yield, Sugar-Cane.

* Corresponding Author's Email: moezzi151@scu.ac.ir

تأثیر کود نیتروژنه بر برخی صفات رشدی و عملکرد گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd*) در شرایط آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر

پیوند پاپن[۱]، عبدالامیر معزی[۱*]، مصطفی چرم[۱]، افراسیاب راهنما[۲]

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد نیتروژن و آبیاری با زهاب مزارع نیشکر بر عملکرد، اجزای عملکرد، مقدار نیتروژن دانه و کارایی مصرف نیتروژن کینوا (رقم گیزاوان)، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش چهار سطح کود نیتروژن (۰، ۷۵ ، ۱۵۰ ، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح آب آبیاری شامل شاهد (آب کارون با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آبیاری یک در میان (کارون–زهاب نیشکر با شوری حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آبیاری با زهاب نیشکر (با شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، شاخص برداشت و مقدار نیتروژن دانه کینوا با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار حاصل شد. حداکثر وزن هزار دانه در تیمار آبیاری کارون (۲/۷۷ گرم) مشاهده شد. کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با آبیاری یک در میان سبب بهبود شاخص سطح برگ (۵۱٪)، عملکرد دانه (۷۹٪)، شاخص برداشت (۶۰٪)، محتوی نیتروژن دانه (۶۱٪) و نهایتاً افزایش راندمان مصرف نیتروژن گردید. در تیمار آبیاری با زهاب نیشکر، افزایش سطح نیتروژن خاک نه‌تنها اثرات نامطلوب شوری را تعدیل نکرد، بلکه سبب کاهش محتوی نیتروژن دانه نیز گردید. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که با مصرف کود نیتروژن کافی می‌توان تا حدی اثرات زیان‌بار شوری بر رشد و عملکرد گیاه را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: زهاب نیشکر، کینوا، نیتروژن، عملکرد دانه.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده در بهره‌برداری اقتصادی و تولید پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک تنش شوری است. در کشور ایران، حدود ۴۴/۵ میلیون هکتار (حدود ۲۷ درصد اراضی) با درجات مختلفی تحت تأثیر شوری قرار دارد که در اقلیم‌های سرد تا گرم کشور پراکنده شده است (Ghaffari *et al.*, 2014). در زمان بروز تنش شوری علاوه بر کاهش جذب آب، تجمع برخی از یون‌ها در غلظت بالا در بافت گیاهان می‌تواند منجر به سمیت و یا عدم تعادل یونی شود (Grattan *et al.*, 1998). به دلیل فراوانی یون‌های کلر و سدیم در خاک و آب‌های شور از جذب بسیاری از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف کاسته می‌شود (Heidari *et al.*, 2007). ممکن است شوری با تأثیر بر قابلیت استفاده از برخی عناصر، جذب، انتقال یا توزیع عناصر غذائی درون گیاه را دچار مشکل سازد و یا با غیرفعال نمودن نقش فیزیولوژیکی عنصر غذائی مصرف شده، منجر به افزایش ذاتی نیاز غذائی گیاه گردد (Malakooti and Homaee, 2004). از مهم‌ترین عناصر غذائی که جذب آن در شرایط شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد، نیتروژن است. در واقع شوری ضمن کاهش نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه (ناشی از افزایش غلظت آبسیزیک اسید در بافت‌های گیاهی)، فعالیت آنزیم نیتروژناز را نیز کاهش داده و مستقیماً جذب نیتروژن را محدود می‌کند (Parsa *et al.*, 2009). در گیاهان احیاء نیترات توسط آنزیم نیترات ردوکتاز طی فرایند آسیمیلاسیون نیتروژن و تولید پروتئین تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد (Baki *et al.*, 2000). بررسی برهم‌کنش شوری و نیتروژن نشان داد که علاوه بر کاهش جذب نیتروژن در خاک‌های شور، نیتروژن جذب شده در گیاه نیز به نسبت کمتری از گیاهانی که در خاک‌های غیرشور کشت شده‌اند به پروتئین تبدیل می‌شوند (Heidari *et al.*, 2007). در بیشتر مطالعات مزرعه‌ای بر روی محصولات باغی و زراعی این فرضیه که اضافه کردن نیتروژن حداقل تا حدی می‌تواند باعث کاهش اثرات زیان‌آور شوری بر گیاه باشد، تأیید شده است (Grattan *et al.*, 1998). Safarzadeh-Shirazi *et al.* (2010) در بررسی اثر متقابل نیتروژن و شوری بر روی گوجه

* نویسنده مسئول: moezzi151@scu.ac.ir

فرنگی نشان دادند با افزودن نیتروژن به محلول غذایی شور، ارتفاع گیاه افزایش یافت. نتایج نشان می‌دهد که در محلول غذایی شور، کاربرد متعادل نیتروژن به عنوان شیوه‌ای مفید می‌تواند سبب کاهش و تعدیل اثرهای نامطلوب شوری بر رشد گیاه شود.

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa Willd* از خانواده *Chenopodiaceae* یک محصول زراعی بومی آمریکای لاتین با پتانسیل بالای رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی و تحمل بالا به انواع تنش‌های زنده و غیرزنده (خشکی و شوری) نسبت به غلات معمولی است (Basra *et al*., 2014). مصرف متعادل نیتروژن برای کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست ضروری است (Khajavi-Shojaei *et al*., 2019). کینوا به نیتروژن خاک بسیار حساس است و کود نیتروژنه برای رشد محصول در طول دوره رشد رویشی کینوا مهم است (Erley *et al*., 2005). Basra *et al*. (2014) اظهار داشتند مقدار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بهترین مقدار کود نیتروژن برای رشد و نمو کینوا و دستیابی به حداکثر عملکرد اقتصادی در شرایط زیست محیطی پاکستان است. نیاز کودی کینوا به‌دلیل تنوع شرایط اکولوژیکی در سرتاسر دنیا هنوز تحت مطالعه است. برای مثال Erley *et al*. (2005) گزارش دادند که کینوا به شدت به کود نیتروژنه پاسخ می‌دهد و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن بر 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. Jacobsen *et al*. (2003) با افزایش کاربرد سطح کود نیتروژنه از ۸۰ به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌طور متوسط به ۱۲ درصد افزایش در عملکرد کینوا دست یافته‌اند. Shams (2012) در بررسی واکنش کینوا به سطوح مختلف کود نیتروژن (۰، ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰، ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) دریافت که با افزایش سطوح نیتروژن تا بالاترین سطح، عملکرد بیولوژیکی کینوا افزایش یافت و افزایش مقادیر نیتروژن نه‌تنها منجر به افزایش رشد محصول و تولید زیست‌توده کل گردید، بلکه کیفیت دانه را تحت تأثیر قرار داد. نتایج مطالعه‌ی Thanapornpoonpong (2004) نیز حاکی از اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر مقدار پروتین و اسید آمینه‌ی لیزین کینوا بود. Gomaa (2013) بیان داشت که با استفاده از کودهای معدنی و کود زیستی حاوی نیتروژن (نیتروبین یا فسفرین) می‌توان صفات رشدی و عملکرد کمی و کیفی دانه و کیفیت بذر کینوا را بهبود بخشید.

تأثیر تیمارهای کودی (۲۰۰۰ کیلوگرم کود گاوی در هکتار، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر مقادیر پروتئین کینوا در مطالعات پیشین مشخص شده است (Kakabouki *et al*., 2014 و مشاهده شده که کلیه تیمارهای کوددهی باعث افزایش مقادیر بالاتر پروتئین نسبت به شاهد گردید و بالاترین مقدار پروتئین (۲۷ درصد) در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد.

کینوا یک هالوفیت اختیاری و محصول غذایی چندمنظوره است (Wilson *et al*., 2002). کاهش عملکرد مشخصی در برخی ژنوتیپ‌های کینوا رشد کرده در خاک شور با شوری ۴۰-۵۰ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده نشده است. جالب این‌که افزایش اندکی در عملکرد دانه کینوای کشت شده در خاک شور با شوری ۵-۱۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده است (Jacobsen *et al*., 2003). Koyro and Eisa. (2008) در بررسی اثر شوری بر زنده ماندن و جوانی‌زنی کینوا دریافتند که رشد گیاه، عملکرد کل دانه، وزن هزار دانه، وزن خشک و تر گیاه همه به‌طور قابل توجهی در حضور شوری کاهش پیدا کردند. در شوری بالا مقدار پروتئین (نیتروژن کل) در دانه‌ها افزایش یافت، درصورتی‌که مقدار کل کربوهیدرات (کربن کل) کاهش یافت. همچنین با کاهش اندازه دانه، قوه نامیه کاهش پیدا کرد و دریافتند در درون دانه وجود یک لایه محافظت کننده باعث مقاومت کینوا به شوری شده است. در تحقیقی به‌منظور بررسی جوانه‌زنی بذر کینوا با استفاده از شوری‌های حاصل از حل کردن نمک‌های مختلف مانند کلرید سدیم، کلرید کلسیم، کلرید منیزیم، کلرید پتاسیم در آب به‌صورت جداگانه برای هر یک از نمک‌ها آزمایشی انجام شد و نتایج حاصل نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در غلظت‌های پایین کلیه نمک‌ها نسبت به آب شاهد افزایش یافت (Panuccio *et al*., 2014). Talebnejad *et al*. (2015) در بررسی گلخانه‌ای نشان دادند که کینوا در شوری آب ۴۰ دسی زیمنس بر متر (غلظت نمک برابر با آب شور دریا) نیز می‌تواند مراحل فنولوژیکی خود را طی کرده و عملکرد برابر با ۰/۳۵ تن بر هکتار تولید کند که از ویژگی‌های خاص این گیاه است.

با توجه به افزایش وسعت زمین‌های شور و کمبود منابع آبی در کشور، استفاده از منابع موجود به صورت صحیح و کاربرد آب-های نامتعارف مانند آب خروجی زهکش‌ها، آب‌های شور و پساب‌ها یکی از مهم‌ترین اهداف در بخش کشاورزی می‌باشد. 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 زهاب 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. تاکنون هیچ

گونه مطالعه گزارش شده‌ای مبنی بر پاسخ گیاه کینوا به شوری با افزایش نیتروژن وجود ندارد. بر این اساس این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کود نیتروژنه بر برخی صفات رشدی و عملکردی گیاه کینوا در شرایط آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرایط مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۷ در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان خرمشهر (طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۶۲ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی) و 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 ۱۷درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی ۴۷/۱ درصد می‌باشد. خاک‌های منطقه دارای رژیم رطوبتی اریدیک می‌باشند (Karimi *et al.*, 2019). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۱) و کیفیت آب آبیاری در جدول (۲) نشان داده شده است. بافت خاک به‌روش هیدرومتری (Geering and Hodyson, 1969)، pH خاک در عصاره گل اشباع و آب توسط pH متر (McLean, 1982)، EC (Page *et al.*, 1982)، رطوبت خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری (pressure plate)، جرم مخصوص ظاهری با روش استوانه (Soil Survey Staff, 2014)، یون‌های کلسیم و منیزیم در آب و عصاره اشباع خاک به‌روش کمپلکسومتری از طریق تیتر کردن با EDTA، سدیم و پتاسیم در آب و عصاره اشباع خاک توسط فلیم‌فوتومتر، یون کلر به‌روش تیتراسیون با نیترات نقره اندازه-گیری گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کود نیتروژن در چهار سطح (۰، ۷۵ ، ۱۵۰ ، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح آب آبیاری شامل شاهد (آب کارون با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آبیاری یک در میان (کارون–زهاب نیشکر با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر) و آبیاری با زهاب نیشکر (شوری ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. عملیات تهیه زمین توسط گاوآهن برگردان‌دار و دو دیسک عمود برهم و ماله‌کشی (تسطیح زمین) انجام گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی، کود پتاس به مقدار ۷۵ کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم و فسفر به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل مورد استفاده قرار گرفت. تیمار کودی نیتروژن در سه نوبت به صورت پایه و دو نوبت سرک در ابتدای مراحل ۴ تا ۶ برگی و شروع گل دهی بر اساس تیمارهای آزمایش اعمال گردید. کاشت بذر (رقم گیزاوان تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر-کرج) در ۱۵ آبان ماه سال ۱۳۹۷ به‌صورت جوی و پشته‌ای (بر روی خط داغاب) و با دست انجام شد. هرکرت شامل ۶ خط کشت به‌طول ۴ متر بود. فاصله دو بوته ۱۰-۷ سانتی‌متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اعمال تیمارهای آبیاری در مرحله سه تا پنج برگی (مرحله استقرار گیاهچه) انجام شد. قبل از آبیاری نمونه رطوبت خاک گرفته شده و آبیاری برای رسیدن رطوبت تا حد ظرفیت زراعی انجام گردید. برای آبیاری با زهاب، از آب شور زهکش‌های کشت و صنعت میرزا کوچک خان خرمشهر با شوری بین ۶ تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر استفاده گردید. در زمان بارندگی از پوشش پلاستیکی استفاده گردید. وجین دستی علف‌های هرز در مرحله ۳-۴ برگی کینوا همزمان با تنک انجام شد. برداشت نهایی در اواخر بهمن ماه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت وپارامترهای ارتفاع بوته و قطر ساقه اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت خاک	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	نیتروژن کل (٪)	Na^+ ($meq\ L^{-1}$)	K^+ ($meq\ L^{-1}$)	Cl^- ($meq\ L^{-1}$)	وزن مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	رطوبت ظرفیت مزرعه (٪)	رطوبت نقطه پژمردگی (٪)
۰-۲۵	لومی رسی	۵/۲۵	۷/۹۸	۰/۰۲۶	۲۸/۹۳	۰/۴۵	۲۶/۲۵	۱/۳۹	۴۰/۸۳	۱۹/۹۷
۲۵-۵۰	رس	۲/۵۵	۸/۰	۰/۰۱۴	۱۳/۲۵	۰/۱۶	۱۶/۲۵	۱/۳۷	۳۳/۵	۱۵/۰۹
۵۰-۷۵	لوم رسی سیلتی	۲	۸/۰۱	۰/۰۱۲	۱۱/۵۷	۰/۱۴	۱۲/۵	۱/۴۶	۴۶/۹۸	۱۷/۲۲

جدول ۲- متوسط کیفیت آب آبیاری مورد استفاده

نوع آب آبیاری	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	TDS ($meq\ L^{-1}$)	SAR	کلر ($meq\ L^{-1}$)	کلسیم ($meq\ L^{-1}$)	منیزیم ($meq\ L^{-1}$)	سدیم ($meq\ L^{-1}$)
آب کارون	۲/۷۲	۸/۵۰	۱۷۹۲/۸۹	۸/۹۶	۱۸/۸۳	۴/۳۹	۴/۱۰	۱۸/۳۴
آب زهاب	۷/۷۵	۷/۸۸	۵۲۲۵/۶۲	۱۰/۲۰	۴۲/۳۷	۱۶/۷۰	۱۷/۳۵	۴۲/۶۰

جهت تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در سطحی معادل پنج متر مربع از هر کرت آزمایشی برداشت شد و جهت خشک شدن نهایی، به مدت 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 ۵ متر مربع، تمام قسمت‌های گیاه کف بر شده و با ترازوی دقیق و با دقت یک گرم اندازه‌گیری شد. با تقسیم عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد بر عملکرد بیولوژیکی 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 محاسبه گردید. برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی از خطوط نمونه به‌طور تصادفی ۵ بوته را انتخاب کرده و پس از جدا کردن برگ‌ها، سطح برگ هر نمونه توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه‌گیری شد و سپس از طریق رابطه‌ی زیر شاخص سطح برگ محاسبه گردید (Hunt, 1978).

مساحت زمین/ مساحت برگ = شاخص سطح برگ

شاخص کلروفیل برگ‌ها قبل از برداشت با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج دستی مدل SPAD502 اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن دانه کینوا با روش کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982) تعیین شد. کارآیی زراعی مصرف کود از رابطه پیشنهادی (Craswell and Godwin, 1984) به‌صورت NUE=(Ydf- Yef)/F برآورد گردید. در این رابطه 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)، f :مقدار کود اوره مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) است. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح شوری و نیتروژن و برهم‌کنش تیمارها تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته کینوا داشتند (جدول ۳). با بررسی اثر متقابل شوری آب آبیاری و نیتروژن بر ارتفاع گیاه مشخص شد (جدول ۴) که در تیمار آبیاری یک در میان و تیمار زهاب با افزودن نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار حداکثر افزایش ارتفاع بوته ایجاد شد، ولی با افزایش بیشتر سطح نیتروژن کاهش در ارتفاع بوته مشاهده شد به این معنی که نیتروژن باعث کاهش اثر شوری شد، اما در ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار اثرات شوری را تشدید کرد و منجر به کاهش ارتفاع گیاه شد. احتمالاً کود نیتروژن عامل اصلی برای افزایش شوری در خاک می‌باشد بر طبق نظر Perrin *et al.* (2008) و Gandois *et al.* (2011) یک بخش از یون‌های نمک توسط کود اوره وارد خاک شده است و مابقی به وسیله نیتریفیکاسیون کود نیتروژن ایجاد شده است. علاوه بر این نیتریفیکاسیون اضافی کود نیتروژن منجر به آزاد شدن پروتون‌ها و اسیدی شدن بیشتر خاک و در نهایت باعث آزاد شدن مستقیم کاتیون‌های بازی به محلول خاک و تسریع شوری خاک شد. در مطالعه حاضر نیز کاربرد نیتروژن موجب افزایش شوری خاک شد (نتایج ارائه نشده است). تأثیر مصرف نیتروژن بر افزایش ارتفاع گیاه در شوری متوسط بیشتر بود. این امر نشان می‌دهد که کاربرد متعادل نیتروژن برای کاهش اثر نامطلوب شوری بر رشد و نمو گیاهان لازم است. 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 تحریک فعالیت‌های متابولیکی بود (Schulte *et al.*, 2005; Shams, 2012; Gomaa, 2013; Basra *et al.*, 2014). 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 تیمار شاهد ۸۴/۱۲ سانتی‌متر بود. مطالعات نشان می‌دهد در بعضی گیاهان مقاوم به شوری، غلظت‌های کم سدیم در مقایسه با عدم حضور سدیم می‌تواند به‌علت اثر آن بر رشد سلول و موازنه آب سبب تحریک رشد گیاهان شود (Alshameri *et al.*, 2017). با این حال مقدار غلظت نمک آب آبیاری مورد نیاز برای افزایش ارتفاع کینوا مشخص نیست. Wilson *et al.* (2002) کاهش قابل توجه در ارتفاع کینوا تا شوری بیشتر از ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نکردند و در بعضی ارقام کینوا تحت آبیاری با شوری بیشتر از ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع کینوا افزایش یافت (Gómez-Pando *et al.*, 2010). این ویژگی نشان می‌دهد که کینوا ممکن است از مکانیسم تجمع نمک گیاهان هالوفیت استفاده کند و شرایط تنش شوری پایین می‌تواند رشد گیاه را تقویت کند (Long *et al.*, 2013). نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهش‌گران (Koyroand Eisa, 2008; Hariadi *et al.*, 2010; Yazar *et al.*, 2015;) مطابقت دارد.

قطر ساقه

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سطوح نیتروژن و آبیاری بر صفت قطر ساقه درسطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۳). بررسی اثر متقابل نیتروژن و شوری بر قطر ساقه نشان داد (جدول ۴) که بیشترین قطر ساقه (۱/۳۲ سانتی‌متر) در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با آبیاری یک در میان مشاهده شد که در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن ۵۶ درصد افزایش یافت. با افزایش سطح نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم مقاومت گیاه به شوری افزایش و اثرات شوری کاهش پیدا کرد، که می‌تواند به‌علت اثر نیتروژن بر افزایش توسعه گیاه باشد که باعث افزایش عملکرد در گیاه می‌شود. کمترین قطر ساقه (۰/۴۷ سانتی‌متر) از تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری با زهاب مشاهده شد. محققین گزارش کرده‌اند که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، رشد سبزینه‌ای گیاه و در نتیجه ویژگی‌های رشدی گیاه مانند قطر ساقه افزایش یافت (Harper, 1994). نتایج مشابه‌ای در خصوص اثر مثبت کود نیتروژن بر افزایش قطر ساقه کینوا توسط (Sa-nguansak, 2004; Gomaa, 2013; Basra *et al*., 2014) حاصل شده است. Algosaibi (2015) *et al.*) بیان کردند قطر ساقه کینوا با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۲۵ تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌مقدار ۱۱ درصد رشد داشته است و سپس با افزایش شوری در قطر ساقه کاهش مشاهده شده است. کاهش قطر ساقه در اثر شوری احتمالاً ناشی از تأثیر سوء کلرید سدیم و افزایش غلظت سدیم و کلر در کینوا است (نتایج ارایه نشده است). تنش اسمزی ناشی از فرآیند شوری، مراحل تقسیم و بزرگ شدن سلول را کاهش می‌دهد و سمیت ویژه یون-های سدیم و کلر نیز با تأثیر منفی بر مراحل تقسیم سلولی و سیستم فتوسنتزی، رشد را تقلیل می‌دهد (Kerepesi and Galiba, 2000).

شاخص کلروفیل

مقدار شاخص کلروفیل برگ تحت تأثیر معنی‌دار سطوح آبیاری و مقدار کود نیتروژن مصرفی قرار گرفت و برهم‌کنش این دو عامل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بیش‌ترین مقدار کلروفیل در تیمار آبیاری کارون با ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تیمار آبیاری یک در میان با ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین مقدار کلروفیل در صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار تمام سطوح شوری حاصل شد (جدول۴). به‌دلیل تجمع بیش از ۷۰ درصد نیتروژن در کلروپلاست برگ‌های گیاه، افزایش نیتروژن در گیاه توأم با افزایش غلظت کلروفیل و نیتروژن برگ بوده است. Anderson *et al*. (1993) گزارش کردند، افزایش نیتروژن باعث تشدید سبزینگی برگ و افزایش عدد کلروفیل‌متر می‌شود و با افزایش کود نیتروژن تا مقدار مشخصی اعداد قرائت شده از کلروفیل‌متر افزایش و سپس ثابت می‌شود چنانچه در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد نیتروژن محتوی کلروفیل را افزایش داد و بیشترین درصد افزایش عدد کلروفیل در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در مقایسه با شاهد، ۱۹ درصد بود که با تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک سطح آماری بود.

نتایج تحقیق نشان داد تا سطح شوری متوسط (آبیاری یک در میان) برای گیاه کینوا کند کننده رشد نبوده است و حتی شوری محیط تا حدی باعث بهبود شاخص رشد گردیده است. اما در شرایط شوری زیاد (غلظت‌های بالای سدیم و کلر)، جذب و انتقال یون‌های ضروری برای رشد گیاه از جمله منیزیم و آهن که در تشکیل کلروپلاست دخالت دارند دچار اختلال می‌شود، که نتیجه آن کاهش محتوای کلروفیل گیاهی می‌باشد (Hanafy *et al*., 2002). تنش‌های مختلف محیطی می‌توانند غلظت کلروفیل را از طریق جلوگیری از تولید کلروفیل و یا تسریع در تجزیه آن توسط افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، فتواکسیداسیون کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن، انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها به دانه و همچنین تغییر فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم نیتروژن مانند نیترات ردوکتاز کاهش دهند (Rahnama, 2010; Karimi *et al*., 2017). معمولاً کاهش فعالیت فتوسنتزی تحت شرایط شور در اثر کاهش هدایت روزنه ایجاد می‌شود که باعث کاهش سرعت تعرق و جذب CO_2 می‌شود Reddy and Iyengar, (1999). در شرایط تنش شوری تبادل گاز و تعرق کینوا کاهش نشان داده است (Sanchez *et al*., 2003). Razzaghi (2011) مشاهده کرد با افزایش سطح شوری، پتانسیل آب در خاک و در نتیجه پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای کینوا کاهش یافت که می‌تواند باعث کاهش مقدار فعالیت فتوسنتز در گیاه شود. کاهش در مقدار کلروفیل در شرایط تنش شوری در گیاهان مختلف (Santos, 2004; Jamil *et al*., 2007; Marenco *et al*., 2009; Amjad *et al*., 2014) و از جمله کینوا (Adolf *et al*., 2012; Amjad *et al*., 2015) گزارش شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تنش شوری و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	وزن هزاردانه	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	مقدار نیتروژن دانه	شاخص کلروفیل	درجه آزادی	کارایی زراعی مصرف نیتروژن
تکرار	۲	۱۶۷/۱۲**	۰/۰۴۷**	۰/۰۶۵*	۰/۰۲۶*	۸۶۲۴ ns	۳۷۱۶۰ ns	۰/۶۱ ns	۰/۲۴۰*	۱۵۸/۹۷**	۲	۰/۵۲ ns
شوری(S)	۲	۹۷۵/۸۵**	۰/۱۹**	۰/۲۹**	۰/۹۰ **	۲۰۹۵۸۷**	۲۰۳۶۸۴۵**	۳۳/۱۶**	۰/۹۹ **	۸۲/۸۷**	۲	۱/۹۸**
خطای اول	۴	۸/۷۹	۰/۰۲۶	۰/۰۱	۰/۰۰۶	۳۶۱۰/۰۱	۱۴۷۴۷	۰/۵۴	۰/۱۵	۹/۱۶	۴	۰/۲۰
نیتروژن (N)	۳	۹۹۵/۷۹**	۰/۷۹**	۰/۱۳**	۱۶/۱۱**	۶۲۰۰۶۶۳**	۲۰۸۵۶۴۵۴**	۷۰۶/۰۸**	۲/۷۲**	۱۱۴/۵۳**	۲	۵۳/۶۴ **
S× N	۶	۵۳/۲۸**	۰/۰۲**	۰/۰۳ns	۰/۱۴**	۲۲۷۲۷**	۵۴۸۹۹۸**	۲۱/۹۸ **	۰/۱۹ *	۱۹/۹۳ **	۴	۱/۳۹ ns
خطای دوم	۱۷	۳۳۱/۰۷	۰/۱۸	۰/۶۱	۳/۰۰	۱۱۲۸۷۷۶	۴۱۲۱۷۸۵	۱۳۶/۴۶	۰/۷۳	۵۷/۸۵	۱۲	۸/۴۷
% CV		۲/۶۰	۶/۰۴	۷/۳۶	۱/۹۳	۵/۷۶	۵/۶۵	۵/۵۳	۱۲/۹۰	۴/۰۱		۱۰/۳۶

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

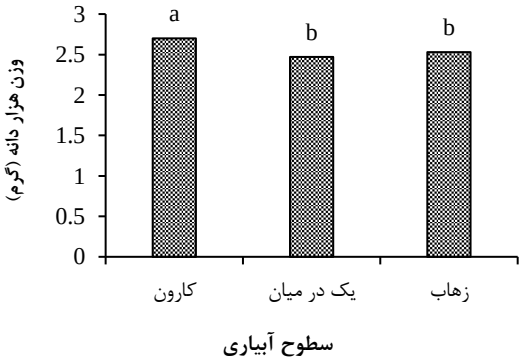
وزن هزار دانه

با وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح نیتروژن و شوری در سطح احتمال یک درصد، اثر متقابل نیتروژن و شوری بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها سطوح ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدون اختلاف معنی‌دار، بیش‌ترین و تیمار شاهد کم‌ترین میانگین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (شکل۱). افزایش کاربرد نیتروژن به‌دلیل افزایش سطح سبز گیاهی و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی، دوره‌ی 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. Basra *et al.* (2014) بیان کردند که وزن هزار دانه کینوا (۲/۱ گرم) از سطح ۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت تأثیر کود نیتروژنه قرار نداشت. در مقابل مطالعه دیگر نشان داد بالاترین وزن هزار دانه ۱/۷۷ گرم با کاربرد ۰/۸ گرم نیتروژن در هر گلدان حاصل شد و با افزایش کاربرد کود نیتروژن به مقدار ۱/۲ گرم نیتروژن در هر گلدان وزن هزار دانه کاهش و به ۱/۵۸ گرم رسید (Thanapornpoonpong *et al.*, 2008). Gomaa (2013) نشان داد که سطوح نیتروژن تأثیر کمی بر وزن هزار دانه دارد و تأیید کرد که کاربرد کود نیتروژنه به صورت نیتروبین باعث افزایش میانگین وزن هزار دانه از ۳/۳ گرم در تیمار شاهد به ۴/۹ گرم در تیمار ۱۱۹ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار شد، اگر چه هیچ اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱۱۹ و ۲۳۴ (۴/۷ گرم) و ۳۵۷ (۳/۳ گرم) کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد. Awadalla and Morsy (2017) بیان کردند در دو سال متوالی با افزایش کاربرد کود 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. Azarpour *et al.* (2014) گزارش کردند که وزن هزار دانه از سطح ۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفت و 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. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در بین سطوح شوری (شکل ۲) بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار آبیاری کارون (۲/۷۷ گرم) و کمترین مربوط به تیمار آبیاری یک در میان بود. از طرفی بین تیمار آبیاری یک در میان و زهاب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد اثر سمی بودن تجمع نمک در شرایط شوری موجب کاهش وزن هزار دانه گردد. از طرفی شاید بتوان گفت که در شرایط شوری، جذب مواد غذایی مختل شده و لذا کمبود مواد غذایی ممکن است باعث عدم تکامل و توسعه دانه گردد. Long (2016) بیشترین و کمترین مقدار وزن هزار دانه را به‌ترتیب ۲/۳۹ و ۱/۳۱ گرم در تیمار شاهد و در شوری ۳۰۰ میلی‌مول گزارش کرد. کاهش وزن هزار دانه کینوا در اثر شوری توسط Talebnejad *et al.*, (2015) و Razzaghi, (2011) مشاهده شده است. شوری وزن دانه را از طریق کوتاهی دوره پر شدن دانه و تسریع در بلوغ دانه‌ها کاهش می‌دهد (Francois *et al.*, 1994). لازم به ذکر است که کینوا در مقایسه با بسیاری از غلات دیگر از جمله گندم، ذرت و برنج، وزن دانه کم‌تری دارد (Talebnejad *et al.*, 2015).

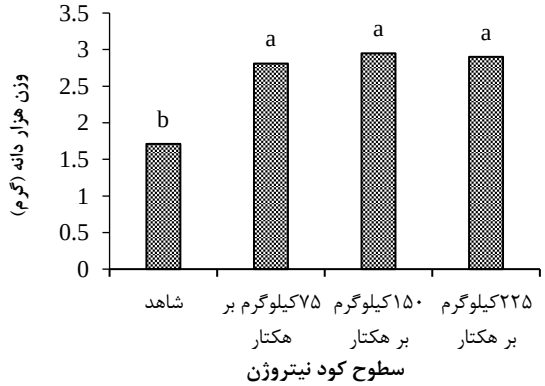
شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر سطوح مختلف نیتروژن و آبیاری و برهم‌کنش آن‌ها بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). نتایج اثر متقابل تیمار شوری و نیتروژن بر میانگین سطح برگ گیاه کینوا نشان داد (جدول۴) که در کلیه سطوح شوری افزایش سطح نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش میانگین سطح برگ کینوا شد و سپس در سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاهش ایجاد شد. در سطوح متوسط شوری (آبیاری یک در میان) نسبت به سطوح بالای شوری (آبیاری زهاب) نیتروژن

تأثیر بیشتری در افزایش سطح برگ گیاه داشت. به‌طوری که بیش‌ترین میانگین شاخص سطح برگ گیاه (۵/۸۶) در تیمار آبیاری یک در میان و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد و کم‌ترین میانگین سطح برگ (۲/۶۶) در تیمار آبیاری زهاب و صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار اندازه‌گیری شد. Thomasand Langdale (1980) نشان دادند که واکنش شاخص‌های رشد گیاه به کاربرد نیتروژن در خاک‌های شور ممکن است در نتیجه جذب بیشتر آنیون نیترات باشد که جانشین آنیون کلر می‌شود و در نتیجه باعث افزیش غلظت آنیون های آلی در گیاه می‌گردد. گیاهانی که در محیط با غلظت زیاد نمک کلرور سدیم قرار دارند، به‌علت کمبود نیترات ناشی از زیادی کلر دچار کندی رشد می‌شوند. با توجه به کاربرد نیتروژن در ساختمان کلروفیل، مصرف نیتروژن باعث افزایش مقدار کلروفیل، گسترش کلروپلاست‌ها و در نتیجه 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 مقدار تقسیم و انبساط سلولی (Roggatz *et al*., 1999) و فتوسنتز و تولید برگ را (Zhao *et al*., 2005) افزایش می‌دهد. نیتروژن بر مقدار کلروفیل برگ تأثیر می‌گذارد که 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 Basra *et al*. (2014) نیز گزارش شده است. Wang *et al*. (2000) عنوان نمودند با افزایش غلظت نمک در محیط ریشه، مقدار آب قابل دسترس گیاه کاهش می‌یابد که این موضوع از یک سو باعث محدود شدن تقسیم سلولی و از سوی دیگر باعث کاهش تورم سلول‌های برگ (تورژسانس) شده که در نهایت از توسعه سطح برگ می‌کاهد. به‌علاوه، شوری با ایجاد سمی بودن یونی و آسیب به غشاها، از گسترش سطح برگ‌ها جلوگیری می‌کند.



شکل ۱- تأثیر سطوح آبیاری بر وزن هزار دانه کینوا



شکل ۲- تأثیر سطوح کود نیتروژن بر وزن هزار دانه کینوا

عملکرد دانه

عملکرد دانه کینوا تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن، آبیاری و برهم‌کنش این دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بر هم‌کنش تیمارهای سطوح نیتروژن و آبیاری نشان داد (جدول۴) که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری یک در میان با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین آن در تیمار آبیاری زهاب بدون مصرف کود نیتروژنه حاصل شد. نتایج نشان داد با افزایش شوری و نیتروژن تا مقدار مشخصی (آبیاری یک در میان و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در خاک) عملکرد کینوا افزایش یافت. در سطح پایین شوری با افزایش نیتروژن، عملکرد کینوا بیشتر از سطح بالای شوری بود و در سطح بالای شوری افزودن نیتروژن تأثیر کمتری بر عملکرد داشت. نتایج مطالعات Erley *et al*. (2005) و Bhargava *et al*. (2006) نشان داد که ارتفاع بوته، مدت بلوغ و عملکرد کینوا و تاج خروس در شرایط بهینه خاک افزایش یافت، اما در سطوح بالای کود نیتروژن، عملکرد دانه کاهش یافت. آن‌ها نتیجه گرفتند که این نتایج با افزایش رشد رویشی و کاهش گل آذین به‌دلیل کاربرد نیتروژن قابل توضیح است. 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، بهم خوردن تعادل جذب عناصر غذایی، ایجاد مسمومیت 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).

جدول ۴- تأثیر برهم کنش سطوح مختلف نیتروژن و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

سطوح آبیاری	سطوح نیتروژن	ارتفاع (cm)	قطر ساقه (cm)	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه (kg ha^{-1})	بیومس عملکرد (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (٪)	نیتروژن دانه (٪)	شاخص کلروفیل
کارون	۰	۶۸/۶۶g	۰/۴۹ f	۲/۸۶ g	۵۱۰/۲۷ g	۳۴۳۴ g	۱۴/۹۰ g	۱/۱۳g	۳۳/۸۴ef
	۷۵	۸۱/۹۶ e	۰/۸۷ e	۳/۷۶ e	۱۳۹۳ d	۶۴۲۵ cd	۲۱/۷۳ ef	۱/۸۴ ed	۳۷/۸۰۳bcd
	۱۵۰	۸۹/۷۳ d	۱/۱۴ bc	۵/۷۲ ab	۲۳۶۳ b	۶۵۹۰ cb	۳۳/۸۵ b	۲/۶۹ ab	۴۰/۷۶۷b
	۲۲۵	۹۵/۱۰ c	۱/۲۵ ab	۵/۶۶ b	۲۲۰۸ c	۷۰۴۴ ab	۳۰/۹۲ c	۲/۲۹ bcd	۴۵/۸۷a
کارون-زهاب	۰	۷۵/۴۲ f	۰/۵۸ f	۲/۹۱ g	۶۷۳/۷۷ f	۳۴۷۷ g	۱۹/۴۷ f	۱/۲۶ gf	۳۴/۱۳ef
	۷۵	۸۹/۵۷ d	۱/۰۵cd	۳/۸۳ e	۱۵۰۰ d	۵۵۳۹ f	۲۷/۱۹ d	۲/۴۳ bc	۳۷/۷۶bcd
	۱۵۰	۱۰۵/۷۸ a	۱/۳۲a	۵/۸۶ a	۲۵۴۶ a	۶۷۶۳ cb	۳۷/۶۸ a	۲/۹۴ a	۴۴/۸۱a
	۲۲۵	۱۰۰/۱۳ b	۱/۲۹ab	۵/۶۷ b	۲۲۲۵ cb	۷۴۶۸ a	۳۰/۲۶ c	۲/۲۹ bcd	۴۰/۳۸bc
زهاب	۰	۶۴/۰۲ h	۰/۴۷ f	۲/۶۶ h	۴۳۸/۳۰g	۳۳۹۰ g	۱۳/۲۴ g	۱/۳۱ gf	۳۱/۶۹f
	۷۵	۷۶/۱۴ f	۰/۸۶ e	۳/۵۶ f	۱۲۰۹ e	۵۳۸۴ f	۲۲/۴۵ e	۱/۵۹ efg	۳۵/۵۸de
	۱۵۰	۸۱/۹۳ e	۰/۹۵ ed	۵/۳۴ c	۲۰۷۹ c	۶۰۴۴ de	۳۴/۹۶ b	۲/۰۶ cde	۳۷/۳۴cd
	۲۲۵	۷۶/۶۸ f	۰/۹۳ ed	۴/۶۵ d	۲۱۶۳c	۵۷۸۷ ef	۳۶/۰۲ ab	۱/۶۷ ef	۳۴/۸۸def

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

Erley *et al.* (2005) اظهار داشتند که عملکرد دانه کینوا تحت تأثیر کود نیتروژن از ۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از ۱۷۹۰ کیلوگرم به ۳۴۹۵ کیلوگرم در هکتار رسید. Gomaa (2013) 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 تیمار شاهد شد. Kakabouki *et al.* (2014) گزارش دادند که کود نیتروژن نیز باعث افزایش عملکرد دانه کینوا در سیستم مختلف خاک‌ورزی شد. تنش شوری باعث افزایش فشار اسمزی، اختلال در جذب آب توسط ریشه، کاهش فتوسنتز گیاه، کاهش مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌گردد. Koyroand Eisa (2008) دریافتند 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 به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. Algosaibi *et al.* (2015) نشان دادند در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه نسبت به شاهد ۱۶ درصد رشد داشته است ولی در شوری بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه در گیاه کاهش داشت.

عملکرد بیولوژیکی

اثر تیمارهای مختلف کود نیتروژن و آبیاری و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۳). بررسی نتایج اثر متقابل سطوح شوری و نیتروژن (جدول۴) نشان داد کاربرد نیتروژن در محیط شور باعث افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه گردید، اما در سطوح پایین شوری افزودن کود نیتروژن به محیط رشد گیاه نسبت به سطوح بالای شوری تأثیر بیشتری بر وزن خشک گیاه داشت به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی گیاه (۷۴۶۸ کیلوگرم در هکتار) از سطح ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری یک در میان و کم‌ترین عملکرد بیولوژیکی (۳۳۰۹ کیلوگرم در هکتار) از سطح شاهد نیتروژن و آبیاری زهاب به‌دست آمد. افزودن کود نیتروژن تا حدی می‌تواند سبب کاهش و تعدیل اثر نامطلوب شوری شود، ولی کاربرد زیادی نیتروژن باعث افزایش شوری می‌گردد. (Ravikovitch and Porath, 1967) بنابراین به هنگام وجود هر دو تنش شوری و فقر غذایی باید دقت نمود که آیا مصرف کود تحمل گیاه به شوری را افزایش یا کاهش می‌دهد (Soraei-tabrizi, 2014). در تیمار بدون مصرف نیتروژن افزایش شوری تأثیر چندانی در کاهش عملکرد نداشته است و حتی در شوری کم باعث افزایش عملکرد گیاه شد و این نشان دهنده تأثیرگذار بودن عامل کمبود نیتروژن نسبت به شوری است. نتایج ذکر شده در فوق با یافته‌های Soraei-tabrizi (2014) و Hosini *et al.*, (2009) تطابق دارد. در شرایط شوری زیاد، مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه و وزن هزار دانه کینوا نداشت.

افزایش عملکرد بیولوژیکی به‌وسیله‌ی 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; Fredeen *et al.*, 1991). Awadalla and Morsy (2017) گزارش دادند که با کاربرد نیتروژن از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیکی کینوا نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۵۲/۹ و ۵۹/۷ و ۶۳/۴ درصد افزایش پیدا کرد و رقم رگالونا با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب در سال اول و دوم به حداکثر عملکرد بیولوژیکی ۲۴۲۰/۵و ۲۴۳۲ کیلوگرم در هکتار رسید.

تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار در مقدار عملکرد بیولوژیکی گیاه کینوا شده است، زیرا در شرایط تنش شوری وزن خشک اندام هوایی هم از طریق کاهش مقدار رشد رویشی و هم از طریق کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش رشد رویشی و وزن خشک به دلیل کاهش آماس سلول‌ها در شرایط تنش شوری و متأثر از فرآیندهای اسمزی است. از علل دیگر کاهش رشد عملکرد گیاه در اثر شوری، بالا رفتن مصرف انرژی در گیاه برای خروج یون‌های سدیم مهاجم است که در محیط به مقدار فراوان وجود دارند در نتیجه مصرف مقدار زیادی از انرژی سلولی برای سازش و مقابله با تنش شوری است و در نهایت رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. برای کینوا رشد مناسب در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده شده است (Hariadi *et al*. 2010). Jacobsen *et al*. (2003) مشاهده کردند عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت کینوا در شرایط شوری متوسط (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بالاتر از شرایط غیر شور بود.

شاخص برداشت

اثر سطوح مختلف نیتروژن و آبیاری و اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی نتایج اثر متقابل سطوح شوری و نیتروژن بر شاخص برداشت نشان داد که بیش‌ترین میانگین شاخص برداشت (۳۷/۶۸ درصد) از سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با آبیاری یک در میان و کمترین میانگین شاخص برداشت (۱۳/۲۴درصد) در سطح شاهد کود نیتروژن برای آبیاری زهاب حاصل شد. اگرچه افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا مقدار مشخصی باعث افزایش عملکرد دانه و بیولوژیکی گردید، اما تولید بافت‌های ساختمانی گیاه را کمتر افزایش داده و بدین ترتیب افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش نسبت دانه به بیوماس کل شد. در همین رابطه 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 بیولوژیکی، در مقایسه با عملکرد دانه بود. Erley *et al*. (2005) بیان کردند که شاخص برداشت کینوا ۳۱٪ تحت تأثیر کود نیتروژنه از سطح ۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار قرار نگرفت. Basra *et al*. (2014) اظهار داشتند که شاخص برداشت کینوا با افزایش تیمارهای نیتروژنه از ۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار افزایش یافت اما 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 بذر نیز بستگی دارد که با شاخص برداشت اندازه‌گیری می‌شود. این تقسیم‌بندی بین قسمت‌های رویشی و تولید مثل می‌تواند با روش‌های زراعی مانند تاریخ کاشت، تراکم بوته، کود و آبیاری اصلاح شود (Bertero *et al*., 2004; Bhargava *et al*,. 2007). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سطح بهینه برای مصرف نیتروژن در خاک برای رشد کینوا در شرایط اکولوژیکی منطقه جنوب استان خوزستان بود. به نظر می‌رسد که بهبود شاخص برداشت و عملکرد دانه کینوا به عوامل مختلفی مانند تغییرات ژنوتیپی و شرایط محیطی علاوه بر مقدار نیتروژن بستگی دارد.

Hirich *et al*. (2014) در مطالعه‌ای که در مراکش بر روی کینوا انجام شد گزارش کردند که بالاترین مقدار شاخص برداشت در تیمار شاهد آبیاری حاصل شد و پس از آن تیمارهای با ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، به‌دلیل کاهش عملکرد دانه با افزایش شوری آب آبیاری، قرار داشتند. Pulvento *et al*. (2012) مقادیر شاخص برداشت کینوا را ۴۰ و ۴۱ درصد در جنوب ایتالیا گزارش دادند.

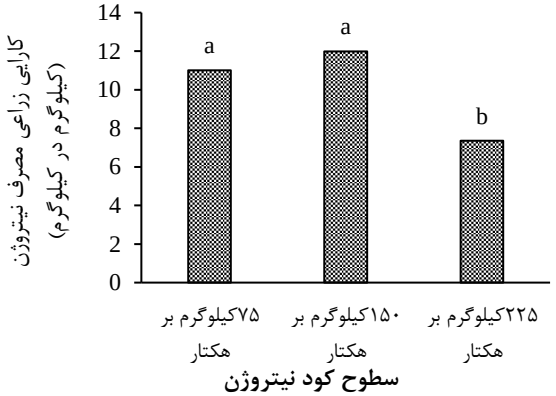
نیتروژن دانه

نیتروژن دانه تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن، سطوح شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل سطوح شوری و نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۳). بررسی نتایج اثر متقابل سطوح شوری و نیتروژن بر مقدار نیتروژن دانه نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین نیتروژن به‌ترتیب از سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با آبیاری یک در میان و سطح شاهد کود نیتروژن برای کلیه تیمارهای آبیاری حاصل شد. با توجه به این نکته که نیتروژن از جمله مهم‌ترین عناصر مؤثر در افزایش درصد نیتروژن دانه می‌باشد به نظر می‌رسد، برتری مقدار نیتروژن دانه در سطوح بالای مصرف نیتروژن، به دلیل افزایش غلظت نیتروژن در بخش‌های رویشی کینوا مورد مطالعه باشد. نتایج تحقیق حاضر مشابه با نتایج Limon-Ortega *et al*. (2008) است که گزارش دادند با افزایش کاربرد کود نیتروژن در خاک، محتوی نیتروژن کل دانه نیز افزایش یافت. Erley *et al*. (2005) گزارش کردند در دو رقم کینوا (فارو و کوچابامبا) با افزایش سطح نیتروژن از ۰ به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار جذب نیتروژن تقریباً دو برابر افزایش یافت و میانگین نیتروژن دانه در تیمار۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۲/۳۴ درصد بود و همچنین بیان کردند که برخی ارقام به طور ژنتیکی مقدار پروتئین بیشتری نسبت به بقیه تولید می‌نمایند که احتمالاً به شاخص جذب و کارایی انتقال نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه، یا سایر عوامل بستگی دارد. Mahmoudand Sallam (2017) گزارش کردند در اثر افزایش شوری آب آبیاری، مقدار

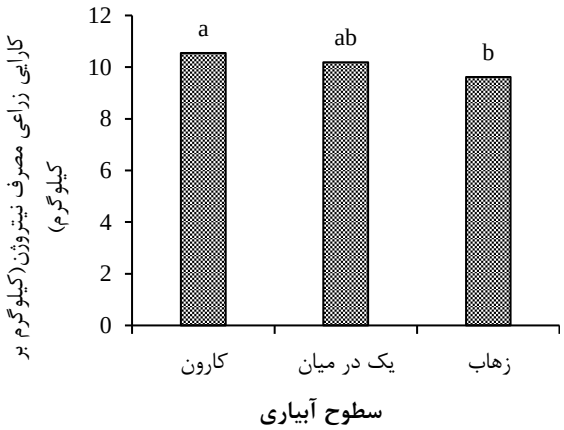
نیتروژن دانه کینوا کاهش یافت. در تیمار آبیاری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار کاهش نیتروژن دانه نسبت به تیمار آبیاری شاهد در تیمارهای نیتروژن صفر، ۱۴/۲۸ و ۲۸/۵۶ گرم در هر متر مربع به‌ترتیب ۱۷ ،۵/۲ و ۸ درصد بود و در تیمار آبیاری ۲۰ دسی-زیمنس بر متر مقدار کاهش ۱۰/۲۶،۴/۴ و ۱۷/۷ درصد بود و آن‌ها نتیجه گرفتند کود نیتروژن اهمیت زیادی در حفظ و بقاء کینوا و مقدار پروتئین دانه در شرایط تنش شوری دارد. اهمیت کاربرد نیتروژن درگیاهان رشد کرده در شرایط تیمار آبیاری کارون-زهاب (شوری متوسط) مشاهده شد و در این تیمار آبیاری با کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار نیتروژن دانه به‌ترتیب ۴۷ و ۵۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج ارایه شده در پژوهش‌های مختلف تا حدی بالاتر از یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد که ممکن است به‌دلیل تفاوت در بافت خاک، ارقام زراعی و شرایط محیطی باشد (Razzaghi, 2011).

کارایی زراعی مصرف نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح شوری و مقدار نیتروژن از نظر صفت کارایی مصرف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت ولی برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۱۱/۹۹ کیلوگرم بر کیلوگرم حاصل شد که با تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک سطح آماری قرار داشتند و تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۷/۳۶ کیلوگرم بر کیلوگرم کمترین کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص داد (شکل۳). در تحقیق حاضر کینوا به کود نیتروژن واکنش خوبی نشان داد و با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیتروژن بدون کاهش کارایی مصرف کود عملکرد بهبود یافت. به طور 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 بیشتر می‌شود. بنابراین کارایی مصرف عناصرغذایی با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود. معمولاً بالاترین کارایی زراعی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید (Rabieiand Tousi Kahel, 2011). Fathi (2005) نیز گزارش نمود که بالاترین کارایی استفاده از کود معمولاً با جذب اولین واحد نیتروژن به‌دست می‌آید و مقدار کارایی نیتروژن با افزایش مقدار آن روندی کاهشی خواهد داشت. Awadalla *and Morsy*(2017) اظهار داشتند همه اجزای عملکرد کینوا به جز کارایی مصرف نیتروژن به تدریج با افزایش کاربرد نیتروژن از ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش 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 نیتروژن ممکن است منجر به جذب ضعیف نیتروژن و کاهش کارایی مصرف نیتروژن به‌دلیل تلفات بیش از حد نیتروژن باشد. Shams (2012) نشان داد که مقدار کاهش در کارایی مصرف نیتروژن کینوا 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، ۳۹/۳۶ درصد در سال دوم بود در واقع مقدار کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مقدار نیتروژن روندی کاهشی داشته است و بالاترین کارایی استفاده از کود با جذب اولین واحد نیتروژن حاصل شد. Thanapornpoonpong (2004) مشاهده کرد علاوه بر اینکه کارایی زراعی مصرف نیتروژن با کاربرد ۰/۸ تا ۱/۲ گرم نیتروژن در هر گلدان به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. کینوا رقم تانگو کارایی مصرف نیتروژن (۲۳/۲۰) بیشتر از رقم فارو (۱۸/۳۱) نشان داد. کاهش کارایی مصرف نیتروژن کینوا با افزایش سطح نیتروژن توسط محققین مختلف تأیید شده است (Schulte., *et al* 2005; Pospišil *et al*., 2006; Abou-Amer *et al*., 2011). واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژن از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند به این مفهوم که هر چه مقدار کود اضافه شود، مقدار عملکرد نیتروژن به طور مستمر کمتر افزایش می‌یابد و در نهایت به خط مجانب مماس می‌گردد. در تحقیق حاضر به احتمال زیاد مقدار تلفات نیتروژن در سطوح بالای کود نیتروژن از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، آبشویی یا به علت عدم جذب نیتروژن به وسیله گیاه و بالاخره عدم استفاده مؤثر از آن افزایش می‌یابد که این خود موجب کاهش کارایی نیتروژن می‌شود (Malakooti and Homaee, 2004). نتایج Kaul *et al*. (2005) نشان داد که کینوا به کود نیتروژن واکنش خوبی نشان می‌دهد و با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیتروژن بدون کاهش کارایی مصرف کود عملکرد بهبود می‌یابد. سطوح آبیاری مورد بررسی از لحاظ صفت کارایی مصرف نیتروژن اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل۴) به طوری که تیمار آبیاری کارون بیشترین (۱۰/۵۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) و تیمار آبیاری زهاب کمترین (۹/۶۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) مقدار کارایی مصرف نیتروژن داشتند. کاهش کارایی مصرف نیتروژن با افزایش شوری آب آبیاری می-تواند به ژنوتیپ کینوا ارتباط داشته باشد. برخی مطالعات نشان دادند کینوا رقم کوجاباما کارایی مصرف نیتروژن بیشتر از رقم فارو بود و کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر مقدار نیتروژن مصرفی قرار نداشت (Erley *et al*., 2005; Schulte *et al*., 2005).



شکل ۳- اثر سطوح کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن



شکل ۴- اثر سطوح آبیاری بر کارایی مصرف نیتروژن

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات سطوح نیتروژن بیش از سطوح آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا (رقم گیزاوان) تأثیر داشته است و مقدار متوسط شوری تأثیر محسوسی بر افزایش عملکرد دانه داشت که این اثر مثبت نه‌تنها با کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن افزایش یافت، بلکه منجر به افزایش قابل توجه عملکرد دانه نیز شد. با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار میانگین‌های عملکرد دانه و نیتروژن دانه در سطوح کاربرد ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ضرورت رعایت مسائل زیست محیطی، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همزمان با آبیاری یک در میان کارون–زهاب برای زراعت کینوا درشرایط این آزمایش مناسب می‌باشد. 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 استان خوزستان باشد. پیشنهاد می‌شود برای بررسی تیمارهای کودی در شرایط آبیاری با زهاب بر عملکرد کینوا از کودهای بیولوژیک و حیوانی هم استفاده شود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه شهید چمران اهواز، دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان و شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک خان به واسطه حمایت‌های مالی، قدردانی می‌نمایند.

REFERENCES

Alshameri, A., Al-Qurainy, F., Khan, S., Nadeem, M., Gaafar, A.R., Tarroum, M., Alameri, A., Alansi, S. and Ashraf, M. (2017). Appraisal of guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] Accessions for forage purpose under the typical Saudi Arabian environmental conditions encompassing high temperature, *salinity and drought. Pakistan Journal of Botany*, *49(4)*, 1405-1413.

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.

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.

Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F., & Jacobsen, S. E. (2012). Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant and Soil*, *357(1-2)*, 117-129.

Almaliotis, D., Therios, I. and Karatassiou, M. (1996). 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)*.

Amjad, M., Akhtar, J., Haq, M. A., Riaz, M. A., & Jacobsen, S. E. (2014). Understanding salt tolerance mechanisms in wheat genotypes by exploring antioxidant enzymes. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 51(4).

Amjad, M., Akhtar, S. S., Yang, A., Akhtar, J., & Jacobsen, S. E. (2015). Antioxidative response of quinoa exposed to iso-osmotic, ionic and non-ionic salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *201(6)*, 452-460.

Anderson, D., Bullock, D., Johnson, G. and Taets, C. (1993). Evaluation of the minolta SPAD-502 chlorophyll meter for on farms N management of corn in lllinois. *Journal of Plant Nutrition*, *21(4)*, 510-521.

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. *European Journal of Agronomy*, *25(4)*, 309-318.

Awadalla, A. and Morsy, A. 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.

Azarpour, E., Bozorgi, H. R. and Moraditochaee, M. (2014, July). Effects of ascorbic acid foliar spraying and nitrogen fertilizer management in spring cultivation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) in North of Iran. *Biological Forum, 6(2),* 254-260.

Baki, G. A. E., Siefritz, F., Man, H. M., Weiner, H., Kaldenhoff, R. and Kaiser, W. M. (2000). Nitrate reductase in *Zea mays L*. under salinity. *Plant, Cell and Environment, 23(5),* 515-521.

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).

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(2-3),* 299-318.

Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. (2006). Chenopodium quinoa—an Indian perspective. *Industrial crops and products, 23(1),* 73-87.

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(1),* 104-116.

Bremner, J. M. and Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen-total. IN: page, A. L. (ed).Methods of soil analysis, part 2, *American society of Agronomy*, Madison, WI.pp. 594-622.

Craswell, E. T. and Godwin, D. C. (1984). The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals grown in different climates (No. REP-3326. CIMMYT.).

Erley, G.S.A., H. Kaul, M. Kruse and W. Aufhammer, (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy, 22(1),* 95-100.

Fathi, Gh. (2005). Effect of Drought and Nitrogen on Nitrogen Remobilization in Six Wheat Cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences, 36(5),* 1093-1101.

Fredeen, A. L., Gamon, J. A. and Field, C. B. (1991). Responses of photosynthesis and carbohydrate-partitioning to limitations in nitrogen and water availability in field-grown sunflower. *Plant, Cell and Environment, 14(9),* 963-970.

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.

Gandois L, Perrin AS, Probst A (2011) Impact of nitrogenous fertiliserinduced proton release on cultivated soils with contrasting carbonate contents: a column experiment. Geochim Cosmochim Acta *75*:1185–1198

Geering H., and Hodgson J. (1969). Micronutrient Cation Complexes in Soil Solution: III. Characterization of Soil Solution Ligands and their Complexes with Zn2+ and Cu2+. *Soil Science Society of America Journal*, 33(1):54.

Ghaffari, A., Ghasemi, V.R. and DePauw, E. (2014). Agro-climatically zoning of Iran by UNESCO approach. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, *4*, 63-95. (In Farsi).

Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1998). Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4), 127-157.

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. and 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: Boote, K.J. Bennett, J.M. Sinclair, T.R. and Paulsen. G.M. Physiology and determination of crop yield. Madison, Wisconsin, USA: 285-302.

Hanafy, A.H., M.A. Gad-Mervat, H.M. Hassam and A. Amin-Mona. (2002). Improving growth and chemical composition of Myrtus communis grown under soil salinity conditions by polyamines foliar application. Proceedings of the Minia. *1st Conference Agriculture Environment Science Minia, March 25-28. Egypt, pp: 1697-1720*

Hirich, A., Choukr-Allah, R. and Jacobsen, S. E. (2014). Quinoa in Morocco–effect of sowing dates on development and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(5), 371-377.

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

Heidari, M., H., Nadeyan, A. Bakhshandeh, Kh. Alemisaeid and G. Fathi. (2007). Effects of salinity and nitrogen rates on osmotic adjustment and accumulation of mineral nutrients in wheat. *Journal of crop production and processing. 40*:193-211. (In Farsi)

Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E. and Shabala, S. (2010). Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) plants grown at various salinity levels. *Journal of Experimental Botany, 62(1),* 185-193.

Hosini, Y., Homaee, M., Karimian, N., Sadat, S. (2009). Modeling of Canola response to combined salinity and nitrogen stresses, *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, *12*(46), 721-735.

Jacobsen, S. E., Espinoza, C., and Repo-Carrasco, R. (2003). "Nutritional Value and Use of the Food Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kan˜iwa (*Chenopodium pallidicaule*)." reviews internation *19*(2), 179-189.

Jacobsen, S. E., Mujica, A. and Jensen, C. R. (2003).

The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*.) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International*, *19*(1-2), 99-109.

Jamil, M., Rehman, S., & 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*.). Pak. J. Bot, *39*(3), 753-760.

Jodi, F., A. Tobeh, A. Ebadi, H. Mostafaee, and Sh. Jamaatisamaren. (2011). Effect ofNitrogen on yield, yield components, agronomic efficiency and nitrogen on Lentil genotypes. *Electronic Journal of Plant Production*. *4*(4): 39-50. (In Farsi).

Kakabouki, I., Bilalis, D., Karkanis, A., Zervas, G. 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*, 18-24.

Kerepesi, I. and Galiba, G. (2000). Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Science*, 40(2), 482-487.

Karimi, A., Khodaverdiloo, H., and Rasouli Sadaghiani, M. (2017). Characterisation of growth and biochemical response of *Onopordum acanthium* L. under lead stress as affected by microbial inoculation. *Chemistry and Ecology*, *33*(10), 963-976.

Karimi, A., Moezzi, A., Chorom, M. and Enayatizamir, N. (2019). Chemical fractions and availability of Zn in a calcareous soil in response to biochar amendments. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *19*(4), 851-864.

Kaul, H. P., Kruse, M., and Aufhammer, W. (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy, 22*(1), 95-100.

Khajavi-Shojaei, S., Moezzi, A., Norouzi Masir, M. and Taghavi zahedkolaei, M. (2019). Study of kinetic and Isotherm for ammonium and nitrate adsorption by common reed (*Phragmites australis*) biochar from aqueous solution, *Iranian Journal of Soil and Water Research*. *50*(8): 2009-2021. (In Farsi)

Koyro, H. W. and Eisa, S. S. (2008). Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa willd*. *Plant and Soil*, *302*(1-2), 79-90.

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

Limon-Ortega, A. Govaerts, B. Sayre, K. D. (2008). Straw management crop rotation and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. *Erupean Journal Agronomy*. 29: 21-28.

Long, N. V., Dolstra, O., Malosetti, M., Kilian, B., Graner, A., Visser, R. G. and van der Linden, C. G. (2013). Association mapping of salt tolerance in barley (*Hordeum vulgare L.*). *Theoretical and Applied Genetics*, *126*(9), 2335-2351.

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

Mahmoud, A. H. and Sallam, S. (2017). Response of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) Plant to Nitrogen Fertilization and Irrigation by Saline Water. *Alexandria Science Exchange Journal*, 38(2), 326-334.

Malakooti, M. J. and Homaee, M. (2004). Fertility of arid and semi-arid soils. Tarbiat Modares University Press. Tehran. (In Farsi).

Marenco, R. A., Antezana-Vera, S. A., & Nascimento, H. C. S. (2009). Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. *Photosynthetica*, 47(2), 184-190.

McLean E.O. (1982). Soil pH and lime requirement. In: Page, A. L. (ed): Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Madison, Wisconsin, USA. 199-224.

Page A.L., Miller R.H. Keeney D.R. (1982). Method of Soil Analysis, Part II, Physical properties, ASA, SSSA, Madison, WI.

Parsa, S. kafi, M. Nassiri, M. (2009). Effects of salinity and nitrogen levels on nitrogen content of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.), *Iranian Journal of Crop Research*, 7(2), 112-120. (In Farsi).

Perrin AS, Probst A, Probst JL (2008) Impact of nitrogenous fertilizers on carbonate dissolution in small agricultural catchments: implications for weathering CO_2 uptake at regional and global scales. *Geochim Cosmochim Acta*, 72: 3105–3123

Pospišil, A., Pospišil, M., Varga, B. and Svečnjak, Z. (2006). Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy, 25(3),* 250-253.

Panuccio, M. R., Jacobsen, S. E., Akhtar, S. S. and Muscolo, A. (2014). Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. AoB Plants, 6. Doi: 10.1093/aobpla/plu047.

Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E. and d'Andria, R. (2012). Yield and quality characteristics of quinoa grown in open field under different saline and non-saline irrigation regimes. *Journal of Agronomy and Crop Science, 198(4),* 254-263.

Ravikovitch, S. and Porath, A. (1967). The effect of nutrients on the salt tolerance of crops. *Plant and Soil, 26*(1), 49-71.

Razzaghi, F. (2011). Acclimatization and agronomic performance of quinoa exposed to salinity, drought and soil-related abiotic stresses. AARHUS University, Foulum, Danmark.

Rahnama, A. (2010). Investigation of some physiological mechanisms of salinity tolerance in seven wheat cultivars. PhD in Plant PhysiologyAgronomy, Karaj Campus, University of Tehran. (In Farsi).

Rabiei, M. and Tousi Kahel, P. (2011). Effects of

nitrogen and potassium fertilizer levels on nitrogen use efficiency and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) as a second crop after rice in Guilan region. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *42*(3), 605-615. (In Farsi).

Reddy, M. P., & Iyengar, E. R. R. (1999). Crop responses to salt stress: Seawater application and prospects. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker In. New York, 1041-1068.

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 and Environment*, 22(1), 81-89.

Sanchez, H. B., Lemeur, R., Damme, P. V., & Jacobsen, S. E. (2003). Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*.). *Food Reviews International, 19(1-2),* 111-119.

Soraei-tabrizi, M. (2014). Modeling plant water uptake under conditions of simultaneous stresses of water, salinity and nitrogen. (Doctoral dissertation, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran). (In Farsi).

Santos, C. V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae, 103(1),* 93-99.

Sa-nguansak, D. A. (2004). Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of Amaranth (Amaranthus spp.) and Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) (Doctoral dissertation, Dissertation for the Degree of Doctor of Agricultural Science, University of Gottingen).

Shams, A. S. (2012, September). Response of quinoa to nitrogen fertilizer rates under sandy soil conditions. *In Proc. 13th International Conf. Agron., Fac. of Agric., Benha Univ., Egypt (pp. 9-10).*

Safarzadeh-Shirazi, S., Ronaghi, A. M., Gholami, A. S. and Zahedifar, M. (2010). The Influence of salinity and nitrogen on tomato fruit quality and micronutrients concentration in hydroponic culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, *1*(3), 11-22. (In Farsi).

Schulte, A. E.G., Kaul, H.P., Kruse, M. and Aufhammer, W. (2005) Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudo cereals amaranth, quinoa, and buck wheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, 22(1), 95-100.

Soil Survey Staff. (2014). Soil taxonomy, 12th ed. Washington DC: USDANRCS, Washington DC, USA.

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.

Thanapornpoonpong, S. N. (2004). Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth (*Amaranthus spp.)* and quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) (Doctoral dissertation, Verlag nicht ermittelbar).

Thanapornpoonpong, S. N., Vearasilp, S., Pawelzik, E. 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(23), 11464-11470.

Thomas, J. R. and Langdale, G. W. (1980). Ionic balance in coastal bermudagrass [*Cynodon dactrylon*] influenced by nitrogen fertilization and soil salinity, *Agronomy Journal, 72(3)*, 449-452.

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.

Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O. and Altman, A. (2000). Biotechnology of plant osmotic stress tolerance physiological and molecular considerations. *In IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding. 560 (pp. 285-292).*

Yazar, A., Incekaya, Ç., Sezen, S. M. and Jacobsen, S. E. (2015). Saline water irrigation of quinoa (Chenopodium quinoa) under Mediterranean conditions. *Crop and Pasture Science*, 66(10), 993-1002.

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*. 25(1): 39-45. (In Farsi).

Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G. and Reddy, V. R. (2005). Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European journal of agronomy*, *22(4)*, 391-403.