DOI: 10.22059/ijswr.2021.320412.668913

تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۸، آبان ۱۴۰۰ (ص ۲۰۵۹-۲۰۴۹)

(علمی – پژوهشی)

Investigation of Water and Nitrogen Management on yield and yield components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Bajgah (Fars Province)

MARYAM BAHRAMI[1], REZVAN TALEBNEJAD[1*], ALI REZA SEPASKHAH[1]

1. Water Engineering Department and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

(Received: March. 9, 2021- Revised: May. 31, 2021- Accepted: July. 5, 2021)

ABSTRACT

Todays in agriculture, the effective use of limited soil and water resources and cultivation of new crops, resistant to environmental challenges, such as quinoa have been considered. In order to investigate the interaction effect of different levels of irrigation water and nitrogen fertilizer on yield and yield components of quinoa (cv. Titicaca), a field experiment was conducted on March 2017 during four months at Shiraz University in the Bajgah area of Fars province. A factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with twelve treatments and three replications. Experimental Factors include: Nitrogen (N) fertilizer treatments in four levels of zero, 125, 250, 375 kg N ha^{-1} and the irrigation water strategies in three levels of full irrigation (FI), 75% and 50% full irrigation (0.75FI and 0.5FI. After tillage operations, quinoa seeds planted with a density of 20 plants per square meter. After plant establishment, irrigation treatments applied with basin irrigation method. Nitrogen fertilizer was given to the field in two steps of vegetation and grain filling.). Reduction Irrigation level up to 25% had no significant effect on seed yield in zero, 125 to 250 kg N ha^{-1} nitrogen fertilizer application levels. Increasing nitrogen fertilizer application levels from 250 to 375 kg N ha^{-1} under deficit irrigation (0.75FI and 0.5FI) did not make a significant difference in grain yield and the total dry matter of quinoa. Generally, the recommended irrigation regime and optimum nitrogen fertilizer application rate in the study area (Bajgah) for quinoa, based on the yield, total dry matter, harvest index, 1000-seed weight, water productivity were 0.75FI and 250 kg N ha^{-1} nitrogen fertilizer. Moreover, the chlorophyll index (SPAD) threshold value was 55 for the optimum nitrogen fertilizer application rate.

Keywords: Halophyte, Leaf Chlorophyll, Deficit Irrigation, Water Productivity.

* Corresponding Author's Email: rtalebnejad@shirazu.ac.ir

بررسی مدیریت آب و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) در منطقه باجگاه (استان فارس)

مریم بهرامی[۱]، رضوان طالب‌نژاد[۱*]، علیرضا سپاسخواه[۱]

۱. بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشکسالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۳/۱۰- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۴/۱۴)

چکیده

امروزه استفاده موثر از منابع محدود آب وخاک برای کاشت گیاه جدید مقاوم به تنش‌های محیطی، مانند کینوا، درکشاورزی مورد توجه قرارگرفته‌است. به منظور بررسی برهمکنش سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزا عملکرد کینوا رقم Titicaca، در اسفند۱۳۹۶ آزمایشی مزرعه‌ای به مدت چهار ماه در منطقه باجگاه استان فارس انجام شد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با ۱۲ تیمار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش، کود نیتروژن درچهار سطح کودی صفر، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۳۷۵ کیلوگرم نیتروژن درهکتار وآب آبیاری در سه سطح آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و۵۰ درصد آبیاری کامل بود. پس از آماده‌سازی بستر کشت و عملیات خاکورزی، بذر کینوا با تراکم ۲۰ گیاه در مترمربع کشت شد. تیمارهای آبیاری پس از استقرار کامل گیاه و به روش آبیاری کرتی اعمال شد. کود نیتروژن، به صورت سرک، در دو مرحله سبزینگی و پرکردن دانه به مزرعه داده شد. کاهش آب آبیاری به میزان ۲۵ درصد، تفاوت معنی داری در عملکرد دانه در سطوح کودی صفر، ۱۲۵ و۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن درهکتارایجاد نکرد. افزایش سطوح کودی از ۲۵۰ به ۳۷۵ kg N ha^{-1} در شرایط کم آبیاری در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل (۶۰۰ و ۴۸۵mm) باعث تفاوت معنی‌دار در عملکرد دانه و ماده خشک کل گیاه کینوا نگردید. به طورکلی تیمار آبیاری قابل توصیه و حد بهینه کود نیتروژن کاربردی در منطقه مورد مطالعه، برای گیاه کینوا با در نظر داشتن عملکرد دانه، ماده خشک کل، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و بهره‌وری آب، کم آبیاری ۷۵ درصد آبیاری کامل و کود نیتروژن ۲۵۰ kg N ha^{-1} می‌باشد. همچنین با مدیریت آب و کود ذکر شده، حد آستانه شاخص کلروفیل برگ معادل ۵۵ تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: هالوفیت، کلروفیل برگ، کم‌آبیاری، بهره‌وری آب.

مقدمه

اخیرا به جهت استفاده موثر از منابع محدود آب و خاک، تولید گیاه جدید مقاوم به تنش‌های محیطی مانند کینوا درکشاورزی مورد توجه قرارگرفته است (Kaya *et al*., 2015). کینوا به ترکیبی از عوامل نامطلوب محیطی مقاوم است (Razzaghi *et al*., 2012; Talebnejad & Sepaskhah, 2016a) و میزان بالقوه محصول کینوا با توجه به رقم، شرایط آب و هوایی، خاک، آب آبیاری و تاریخ کاشت متفاوت است (Jacobsen, 2017). به عنوان مثال بر اساس پژوهش‌هایی آب شور و آب زهکشی شده نیز در صورت وجود شیوه‌های مدیریت صحیح حفاظت ازمنابع آب و خاک می تواند برای آبیاری کینوا استفاده گردد (Kaya *et al*., 2015; Talebnejad & Sepaskhah, 2015a) و طیف گسترده ای از خاک ها برای کشت کینوا مناسب است. با این حال، خشک شدن سطح خاک و سله بستن می تواند پتانسیل جوانه زنی را کاهش دهد. کشت کینوا در خاک‌های سنگین در صورتی ممکن است،که رژیم‌های کود و آبیاری مناسب اعمال گردد (Jacobsen, 2003). امروزه کینوا علاوه بر ویژگی‌های خاص که در تحمل یخبندان (Jacobsen *et al*., 2005) خشکی (Yazar, 2015; Talebnejad & Sepaskhah, 2016b) و شوری خاک دارد (Adolf *et al*., 2012; Scheben *et al*., 2016; Ruiz *et al*., 2016)، به جهت ترکیبات مغذی دانه نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است.

کینوا ماده غذایی منحصر به فردی است که حاوی تمام اسید آمینه‌های ضروری، عناصر کمیاب و ویتامین‌ها بوده و همچنین فاقدگلوتن است. در نتیجه تقاضا برای بذر کینوا جهت کشت در مناطق مختلف به طور قابل توجهی افزایش یافته است. باتوجه به گوناگونی شرایط آب و هوایی درایران و خشکسالی‌های اخیر، کینوا میتواند یک گیاه پیشنهادی برای تولید غذای با کیفیت در ایران باشد. به‌علت افزایش روزافزون جمعیت و درپی آن نیاز به افزایش تولید عملکرد، سهم کشاورزی در مصرف ذخایر آبی جهان روز به روز افزایش می‌یابد. بنابراین در بخش کشاورزی،

* نویسنده مسئول: rtalebnejad@shirazu.ac.ir

به روش‌های پایدار کاهش مصرف آب و افزایش تولید نیاز است(Smith, 2000; Geerts *et al*., 2008a). از این رو یکی از اهداف مهم پژوهش‌های مدیریت آب در مزرعه، جهت افزایش بهره وری آب در بخش کشاورزی مقابله با خشکسالی است که در این راستا فن کم‌آبیاری می‌تواند مورد بررسی پژوهشگران قرار گیرد. . هدف از کم‌آبیاری (English, 1990; Pereira *et al*., 2002)، حداکثر بهره‌وری مصرف آب به همراه تثبیت مقدار عملکرد ، به جای دستیابی به حداکثر عملکرد در واحد سطح (Zhang & Oweis, 1999) است. بنابراین کم‌آبیاری یک گزینه ارزشمند برای رسیدن به عملکرد بهینه گیاه کینوا در مناطق مختلف دارای دوره خشکی فصلی می باشد.(Garcia, 2003; Geerts *et al*., 2006) درپژوهشی گلخانه‌ای در ایران، عملکرد و بهره‌وری آب کینوا، تحت اثر عمق آب زیرزمینی و کم‌آبیاری بررسی شد. نتایج بیانگر آن بود که بهره وری آب کینوا با کم آبیاری افزایش می‌یابد (Talebnejad & Sepaskhah, 2015b). همچنین آزمایشی مزرعه ای در ایران و لایسیمتری در دانمارک بر روی رشد و عملکرد کینوا تحت رژیم های آبیاری کامل (۹۵درصد ظرفیت زراعی) و کم‌آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در انواع مختلف بافت خاک شامل خاک های شنی، شنی لومی و لومی شنی انجام گردید. نتایج نشان داد که اعمال کم‌آبیاری بدون تاثیر بر عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری کامل موجب افزایش معنی دار بهره‌وری آب گردید(Razzaghi *et al*., 2016). طی آزمایشی مزرعه ای که در ادنا ترکیه با ۴ تیمار آبیاری کامل با آب شور و غیر شور و کم آبیاری و آبیاری بخشی ریشه با آب غیر شور بر روی کینوا رقم Titicaca انجام شد، مشخص شد که بالاترین شاخص سطح برگ در کرت های آبیاری کامل با آب غیر شور بود. در حالی که بیشترین بهره وری از آب (۰/۵۸کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار آبیاری بخشی ریشه به دست آمد (Yazar, 2015). همچنین .Yazar et al (2015) با ۹ تیمار متفاوت آب آبیاری شور و غیر شور نشان داد که عملکرد دانه بین ۱/۷ تا ۲/۳ تن بر هکتار متفاوت بوده و با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه کاهش می‌یابد. بالاترین مقدار ماده خشک در تیمار آبیاری‌کامل آب غیر شور (۶/۸ تن در هکتار) وکمترین مقدار نیز با کم آبیاری ۵۰درصد با آب شور (۱/۹ تن در هکتار) به دست آمد.

افزایش عملکرد تولید به ازاء واحد آب مصرفی در کشاورزی، باعث افزایش بهره‌وری آب می‌گردد؛ همچنین نیتروژن در افزایش کمی و کیفی عملکرد گیاهان زراعی، نقش بسزایی دارد (Alandia *et al*., 2016) و به افزایش توان گیاه برای مقابله با شرایط دشوار محیطی نیز کمک می کند. گیاه کینوا نیز به میزان نیتروژن موجود در خاک عکس العمل شدیدی نشان می‌دهد (Erley *et al*., 2005; Gomaa, 2013) و وجود کود نیتروژن برای تولید بالای عملکرد دانه، ضروری است. نیاز گیاه کینوا به کود نیتروژن به دلیل تنوع شرایط محیطی، هنوز هم به طور گسترده‌ای در جهان مورد مطالعه است. Shams (2012) در تحقیقی واکنش کینوا به پنج سطح کود نیتروژن صفر، ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار را مورد مطالعه قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد که کل ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه به تدریج با افزایش سطح نیتروژن -تا کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار- در حال افزایش است. .Barsa et al (2014) نیز سطح نیتروژن ۷۵ کیلوگرم در هکتار را به عنوان سطح مطلوب برای مکمل نیتروژن خاک جهت رشد و توسعه گیاه کینوا و دستیابی به حداکثر عملکرد اقتصادی در شرایطی که از نظر زیست محیطی مضر نباشد، بیان کردند. در حالیکه در بولیوی برای تولید کینوا در مناطق مرتفع کوهستانی، ($kg\ N\ ha^{-1}$) ۸۰ را توصیه کرده اند(Aroni, 1991).

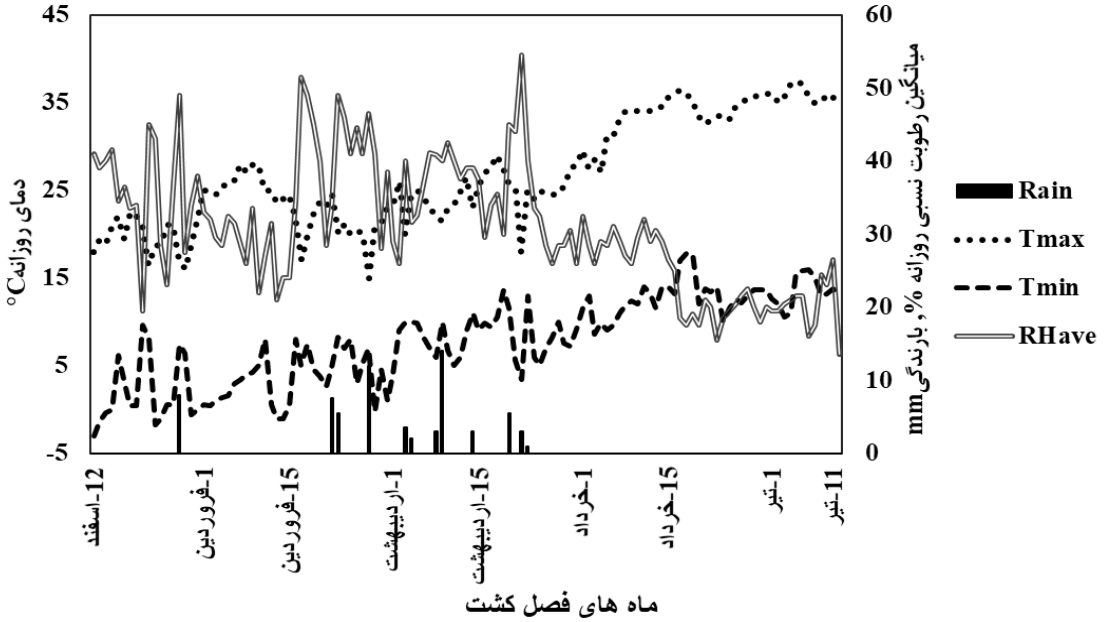
.Hirich et al (2014a) تامین ماده آلی را یک راه حل عملی برای جبران اثر منفی تنش خشکی گزارش کردند. برای این منظور، تحقیقی بر روی گیاه کینوا با سه سطح ماده آلی به صورت کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و دو سطح آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری کامل) در جنوب مراکش انجام دادند. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری اثر معنی‌دار بر روی هدایت روزنه‌ای و ماده خشک دارد؛ در حالیکه عملکرد تحت تاثیر هر دو عامل کم‌آبیاری و کود آلی قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه (۳/۳ تن در هکتار) درتیمار آبیاری کامل و ۱۰ تن در هکتار کمپوست حاصل شد. همچنین اثر کمپوست جهت تولید عملکرد و زیست توده در شرایط کم‌آبیاری به طور قابل توجهی مطلوب تر از آبیاری کامل است و در نهایت ترکیب کم‌آبیاری و کمپوست به حداکثر بهره وری آب در تولید عملکرد منجر شد. کاربرد کود نیتروژن برای گیاه کینوا نه تنها باعث افزایش رشد و تولید عملکرد می‌شود بلکه برکیفیت دانه نیز تاثیردارد (Repo-Carrasco, 2003). طی پژوهشی .Alandia et al (2016) با اعمال چهار سطح نیتروژن بر روی کینوا اظهار داشتند که نیتروژن رشد سطح برگ و کیفیت عملکرد گیاه کینوا را افزایش داده و گیاه با کود نیتروژن بیشتر، آب خاک را سریع‌تر از گیاه با کود نیتروژن کمتر تخلیه می‌کند.

تحقیقی در سودان آفریقا جهت بررسی اثر تیمار آبیاری (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ابیاری کامل) و کود نیتروژن(۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلو نیتروژن برهکتار) و تاریخ کشت بر گیاه کینوا رقم Titicaca انجام شد. نتایج نشان داد که کینوا در شرایط کم‌آبیاری و نیتروژن کاربردی کم، می تواند عملکرد دانه خوبی داشته باشد؛

همچنین میانگین شاخص برداشت ۰/۳۸ و حداکثر وزن هزاردانه نیز ۲/۴g بود(Alvar-Beltran *et al.*, 2019). در تحقیقی دیگر، اثر توامان نیتروژن و کم‌آبیاری (۵۰ درصدآبیاری کامل) در مرحله پرکردن دانه کینوا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که کم آبیاری ۱۷تا ۳۲ درصد باعث کاهش آب مصرفی در تیمارهای مختلف می شود که به انواع مختلف بافت خاک بستگی دارد (Razzaghi *et al.*, 2012). در ایران، اثر تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل) و چهار سطح کود نیتروژن (معادل صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر گیاه کینوا، طی پژوهشی در مینی لایسیمترهای گلخانه‌ای در حضور آب زیرزمینی شور به عمق ۰/۸ متر بررسی شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه در تیمار با بالاترین سطح نیتروژن کاربردی بوده، بطوریکه مقدار عملکرد ۵۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. طبق گزارشات آن‌ها ماده خشک نیز مانند عملکرد با افزایش مقدار نیتروژن کاربردی افزایش یافت. در تحقیقات آن‌ها کاهش سطوح آبیاری باعث کاهش شاخص برداشت شد؛ اگرچه اختلاف معنادار نداشت. بطور کلی مقدار بهینه کود نیتروژن در کشت گیاه کینوا تحت تنش خشکی درشرایط مزرعه ای و در شرایط آب وهوایی ایران هنوز ارائه نشده است. بنابراین انجام تحقیقاتی به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری و سطوح مختلف کود نیتروژن بر رشد و عملکرد کینوا در مزرعه جهت مدیریت صحیح آب وکود در شرایط خشکسالی الزامی به نظر می رسد(Alizadeh-zoaj & Sepaskhah, 2016).

مواد و روش ها

آزمایش طی سال زراعی ۹۶-۹۷ در ایستگاه صحرایی بخش آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز با طول جغرافیایی ′52°32 شرقی و عرض جغرافیایی ′29°36 شمالی و در ارتفاع ۱۸۱۰ متری از سطح دریای آزاد انجام شد. دمای حداکثر، حداقل و میانگین رطوبت نسبی در طول فصل کشت کینوا در شکل۱ قابل مشاهده است. میانگین حداکثر و حداقل دمای روزانه در طول دوره رشد به ترتیب ۲۷ و ۸ درجه سانتی‌گراد بود (شکل۱).



شکل ۱- نمودار دمای حداکثر و حداقل روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه و میزان بارش در طول دوره کشت کینوا درمزرعه.

جهت انجام تحقیقات، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار انجام شد. فاکتورکود نیتروژن درچهار سطح کودی N_1، N_2، N_3، N_4 که به ترتیب معادل صفر، ۱۲۵، ۲۵۰، ۳۷۵ کیلوگرم نیتروژن درهکتار و فاکتور مقدار آب آبیاری در سه سطح FI ، 0.75FI و 0.5FI معادل آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و۵۰ درصد آبیاری کامل در نظر گرفته شد. تیمارهای مورد نظر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- معرفی تیمارهای آزمایش.

آب آبیاری	کود نیتروژن			
	N1	N2	N3	N4
FI	FIN1	FIN2	FIN3	FIN4
0.75FI	0.75FIN1	0.75FIN2	0.75FIN3	0.75FIN4
0.5FI	0.5FIN1	0.5FIN2	0.5FIN3	0.5FIN4

در مجموع ۳۶ کرت در ابعاد ۲ متر در ۲ متر و با فاصله کرت‌های ۱/۵ متر از یکدیگرایجاد شد، به گونه ای که سطح زیر طرح تقریبا ۴۰۰ مترمربع بود. خصوصیات فیزیکی وشیمیایی

خاک محل مورد آزمایش در جدول (۲) بر اساس تحقیقات Yarami & Sepaskhah (2015) ارائه شده است. در ابتدای فصل کشت پس از شخم عمیق به کمک تراکتور، ۳۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص به صورت کود سوپر فسفات تریپل با توجه به آنالیز شیمیایی خاک با لایه سطحی خاک مخلوط شد. بذرهای کینوا رقم Titicaca در تاریخ ۱۲ اسفند ۱۳۹۶ درکرت‌های آماده در ۶ ردیف کاشته شدند، به گونه ای که فاصله ردیف و فاصله بوته در ردیف به ترتیب ۳۰ و ۱۴ سانتیمتر بود. بعد از گذشت دو الی سه هفته پس از کشت که گیاهان به استقرار رسیدند، کرت‌ها به گونه‌ای که تراکم مزرعه به ۲۰ گیاه در مترمربع برسد، به صورت دستی تنک شدند؛ همچنین در طول فصل رشد کلیه مراقبت‌های داشت از جمله وجین علف های هرز، مبارزه با آفات و .... انجام شد. تیمار آبیاری درمرحله رشد سبزینه‌ای با آغاز تشکیل گل‌آذین اصلی به روش آبیاری کرتی و دوره ۷ روزه آبیاری شد. لازم به توضیح است که با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و بافت خاک منطقه که مستعد سله بستن است لازم است در مراحل جوانه زنی، استقرار گیاه و ابتدای رشد، رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ شود، پس از آن مدیریت کم آبیاری اعمال گردید.

مقدار آب آبیاری از حاصل ضرب تبخیر-تعرق بالقوه روزانه گیاه مرجع (معادله پنمن-مانتیث فائو اصلاح شده برای منطقه باجگاه (Razzaghi & Sepaskhah, 2012) در ضریب گیاهی کینوا - با توجه به پژوهش‌های Talebnejad & Sepaskhah, (2015a) برای مراحل رشد ابتدایی ، توسعه و پایانی به ترتیب ۰/۵۸، ۱/۲و ۰/۸ درنظر گرفته شده بود - تعیین شد. به منظور اعمال تیمار کود نیتروژن، کود اوره که دارای ۴۶ درصد نیتروژن خالص بوده به صورت سرک، در دو مرحله سبزینگی پس از اعمال تیمار آبیاری و پرکردن دانه گیاه به مزرعه داده شد، در هر دو مرحله، کود دهی به شکل پاشش درسطح کرت قبل از آبیاری انجام شد.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه (Yarami & Sepaskhah, 2015)

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک	عمق خاک (cm)		
	۳۰-۰	۶۰-۳۰	۹۰-۶۰
ظرفیت زراعی خاک ($cm\ cm^{-3}$)	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲
نقطه پژمردگی دائم ($cm\ cm^{-3}$)	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۹
وزن مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۴	۱/۴۷	۱/۵۱
درصد شن	۱۱	۱۰	۱۶
درصد سیلت	۵۶	۵۱	۵۰
درصد رس	۳۳	۳۹	۳۴
ساختار	SCL*	SCL	SCL
EC ($dS\ m^{-1}$)	۰/۷۴	۰/۵۱	۰/۴۹
Cl^- ($meq\ l^{-1}$)	۵/۳۱	۳/۰۵	۲/۹
Na^+ ($meq\ l^{-1}$)	۳/۲۹	۱/۹۷	۱/۹۱
Ca^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	۵/۴۳	۴/۱۶	۴/۰۷
Mg^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	۳/۵	۲/۸۸	۲/۸۴

لوم رسی سیلتی*

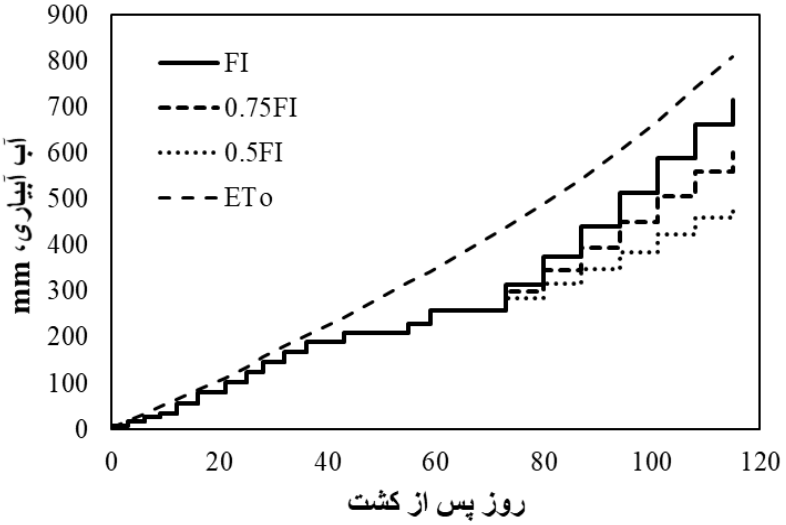
به منظور بررسی اثر کود بر کروفیل برگ، شاخص کلروفیل (SPAD) در نمونه‌های برگ در سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن، یک هفته پس از اعمال کود دوم (در ۱۰۰ روز پس از کشت) با دستگاه کلروفیل سنج (SPAD 502, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan) اندازه گیری شد. پس از کرم‌رنگ شدن گیاه کینوا، ۴ردیف مرکزی از۶ ردیف درون کرت به علت حذف اثر حاشیه ای برداشت شد. پس از خشک شدن در آون به مدت ۷۲-۴۸ ساعت با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد وزن خشک عملکرد دانه و کل ماده خشک تولیدی، با ترازو به دقت (۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد و جهت گزارش عملکرد هر تیمار با توجه به مساحت سطح برداشت شده به تن در هکتار تبدیل شد. پس از جداسازی پوشینه از دانه‌های کینوا، به طور تصادفی از هر تیمار سه دسته ۱۰۰تایی جدا کرده و وزن شد، میانگین وزن آن‌ها را به عنوان وزن ۱۰۰دانه از عملکرد در نظر گرفته و وزن هزاردانه محاسبه شد. مقدار شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر کل ماده خشک تولیدی گیاه بدست آمد و در نهایت از تقسیم میزان دانه تولید شده به مقدارآب آبیاری، بهره‌وری آب محاسبه شد.

نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری

ارتفاع کل آب آبیاری(mm) در هر سه سطح آبیاری طی فصل

رشد در شکل ۲ ارائه شده است. مجموع میزان بارندگی درطی دوره رشد ۶۴ میلی‌متر بود، همچنین میزان آب آبیاری قبل از اعمال تیمار آبیاری تا روز هفتادم پس از کشت ۲۵۶ mm بوده است. بیشترین ارتفاع آب داده شده به تیمار آبیاری کامل بوده که معادل ۷۱۴ mm می‌باشد.



شکل ۲- ارتفاع آب آبیاری (mm) طی فصل کشت گیاه کینوا در مزرعه.

مقدار آب آبیاری در کل فصل رشد کینوا در تیمار های آبیاری کامل، ۷۵ و۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۷۱۴، ۶۰۰ و ۴۸۵ میلی متر بوده است. با توجه به شکل۲ در تیمارهای ۷۵ و۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب کاهش ۱۵/۷ و ۳۱/۵ درصدی ارتفاع آب آبیاری نسبت به تیمار آبیاری‌کامل مشاهده گردید. در این راستا مقدار کل نیاز آبی کینوا برای آبیاری کامل در آدنا ترکیه ۴۰۰ mm و در سودان ۴۰۳ mm اعلام شده است(Alvar-Beltran *et al.*, 2019; Sezen *et al.*, 2016).

عملکرد دانه

نتایج مربوط به تجزیه واریانس طرح آزمایش مورد نظر در جدول۳ ارایه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح نیتروژن، سطوح کم‌آبیاری و همچنین برهم‌کنش نیتروژن و کم-آبیاری اثر معنی‌دار بر عملکرد دانه کینوا داشته است. بنابراین برهم‌کنش نیتروژن و کم‌آبیاری بر عملکرد دانه در تیمارهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) تاثیر سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا.

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	ماده خشک	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	بهره وری آب	شاخص کلروفیل
تکرار	۲	۰/۱۹۹^{ns}	۰/۲۱۹^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۹۱^{ns}
آبیاری	۲	۴/۹۲۹**	۱۶/۹۷۰**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۳^{ns}	۱۲/۴۷۵^{ns}
نیتروژن	۳	۵/۱۸۸**	۱۴/۸۷۱**	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۱*	۰/۱۶۷**	۱۵۵/۰۰۱**
آبیاری×نیتروژن	۶	۰/۱۹۴*	۰/۷۷۸*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱۱*	۸/۵۵۷^{ns}
خطا	۲۲	۰/۰۷۵	۰/۲۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۵/۶۱۱
ضریب تغییرات(٪)		۸/۲	۵/۷	۶/۳	۷/۹	۸/۷	۴/۴

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

طبق نتایج جدول۴ بیشترین عملکرد دانه بدون تفاوت معنادار در تیمار آبیاری‌کامل و کود نیتروژن کاربردی ۲۵۰ kg N ha^{-1} (۴/۲۷ Mg ha^{-1}) و ۳۷۵ kg N ha^{-1} (۴/۷ Mg ha^{-1}) به دست آمده است. در حالیکه حداکثر عملکرد برداشت شده درگزارشات، درشرایط آب‌وهوایی جنوب مراکش (Hirich *et al.*, 2014a) Mg ۳/۳ ha^{-1}، در پژوهش های متفاوت در ترکیه بین ۱/۷ Mg ha^{-1}- ۴/۸ (Yazar *et al.*,2015; Geren, 2015; Sezen *et al.*, 2016) و در گلخانه در ایران (Talebnejad & Sepaskhah, 2015b) برابر با ۳/۱۱ Mg ha^{-1} بیان شده است. به طور کلی در آبیاری کامل و تنش‌های آبیاری (75%FI و 50%FI) نیز تفاوت معنی‌دار در

عملکرد دانه سطوح کودی ۲۵۰ kg N ha^{-1} و ۳۷۵ kg N ha^{-1} مشاهده نگردید. تحلیل اثر اصلی تیمارهای کود بر عملکرد دانه نشان داد که کاربرد کود نیتروژن به میزان ۱۲۵ kg N ha^{-1} نسبت به عدم کاربرد کود، عملکرد دانه را به طور متوسط ۴۲/۵ درصد افزایش داده‌است. در حالیکه میزان کود نیتروژن کاربردی به بیش از ۲۵۰ kg N ha^{-1} (تا ۳۷۵ kg N ha^{-1}) افزایش یابد، به طور متوسط موجب افزایش ۶۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد کود می‌گردد. پژوهش‌های Erley *et al.*(2005)، Shams (2012)و Kakabouki *et al.*(2014) نیز افزایش میزان عملکرد دانه را با افزایش کود نیتروژن به ترتیب تا ۱۲۰ ، ۲۰۰ و ۳۶۰ kg N ha^{-1} گزارش کردند، اما در تحقیقات Alvar-Beltran *et al.* (2019) افزایش عملکرد دانه با کاربرد کود نیتروژن تا kg ۱۰۰ N ha^{-1} مشاهده نگردید. ۵۰ درصد کاهش آب آبیاری، باعث کاهش معنادار عملکرد دانه به میزان ۱۶درصد در تیمار کود kg ۲۵۰N ha^{-1}، ۳۲/۷ درصد در تیمارهای کودی ۳۷۵ kg N ha^{-1} و ۱۲۵ kg N ha^{-1} و ۵۳درصد در تیمار شاهد (kg N ha^{-1} صفر) نسبت به تیمار آبیاری کامل شده است، در ترکیه نیزبا ۹ تیمار آبیاری کاهش عملکرد دانه با کاهش میزان آب آبیاری گزارش شده است(Yazar *et al.*, 2015) . همچنین در این پژوهش نیز هم راستا با نتایج Alizadeh-zoaj & Sepaskhah (2016) کمترین عملکرد دانه در تیمار تنش آبی شدید (50%FI) و بدون اعمال کود نیتروژن مشاهده شد. به طور کلی نتایج عملکرد دانه نشان داد در آبیاری کامل و کم آبیاری (75%FI و50%FI) افزایش کود نیتروژن تا ۲۵۰kg N ha^{-1} موجب افزایش معنادار عملکرد دانه گردیده‌است و از نظر آماری کود نیتروژن ۲۵۰kg N ha^{-1} جهت تولید حداکثر عملکرد دانه گیاه کینوا رقم Titicaca توصیه می-شود.

جدول ۴- تأثیر برهم کنش سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا.

سطوح آبیاری	سطوح نیتروژن	عملکرد دانه (Mg ha^{-1})	ماده خشک (Mg ha^{-1})	شاخص برداشت
آبیاری کامل	۰	gf۲/۹۶*	de۷/۴۴	bc۰/۴۰
	۱۲۵	bcd۳/۹۱	۸/۶۳ bc	a۰/۴۵
	۲۵۰	b۴/۲۷	۱۰/۲۵a	ab۰/۴۲
	۳۷۵	a۴/۷۱	۱۰/۴۴a	a۰/۴۵
۰/۷۵آبیاری کامل	۰	g۲/۶۳	۶/۶۰e	bc۰/۴۰
	۱۲۵	efd۳/۴۱	۷/۸۴cd	ab۰/۴۴
	۲۵۰	bc۴/۱۲	۹/۰۲b	a۰/۴۵
	۳۷۵	cd۳/۷۶	۸/۶۱bc	ab۰/۴۴
۰/۵آبیاری کامل	۰	h۱/۳۹	۴/۵۰ f	d۰/۳۱
	۱۲۵	g۲/۶۳	۷/۱۶ de	c۰/۳۷
	۲۵۰	de۳/۵۸	۸/۳۵ bc	ab۰/۴۳
	۳۷۵	fe۳/۱۷	۷/۹۴ cd	bc۰/۴۰

*داده‌هایی که دارای حرف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

کل ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس کل ماده خشک هوایی جدول۳ نشان داد که سطوح نیتروژن، سطوح کم‌آبیاری و همچنین برهم‌کنش نیتروژن و کم‌آبیاری بر کل ماده خشک کینوا اثر معنی‌دار داشته است. مقادیر مربوط به کل ماده خشک گیاه کینوا در جدول۴ ارایه شده است. طبق جدول۴ بیشترین کل ماده خشک هوایی در شرایط آبیاری‌کامل و با اعمال کود نیتروژن۳۷۵ kg N ha^{-1}برابر Mg ha^{-1} ۱۰/۴۴ مشاهده شد که تفاوت معنی‌دار با سطوح کود نیتروژن ۲۵۰ kg N ha^{-1} در آبیاری کامل نداشت. در واقع به طور متوسط، اعمال کودنیتروژن از ۲۵۰ kg N ha^{-1} به بالا موجب افزایش ۴۰/۵ درصد ماده خشک تولیدی نسبت به تیمار کود شاهد در شرایط آبیاری کامل شده است. در همین راستا نیز طی تحقیقی محققان اعلام کردند (Kakabouki *et al.*, 2014) با کاربرد کود ۲۰۰ و ۳۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار ماده خشک کل تفاوت معناداری نداشته است. کاهش ۲۵درصد آب آبیاری در سطوح بالای کودکاربردی (۳۷۵و۲۵۰ kg N ha^{-1}) موجب کاهش معنادار ماده خشک شد درحالیکه در سطوح کودی پایین تر تفاوت معناداری مشاهده نگردید. از نظر آماری کود نیتروژن kg N ha^{-1} ۲۵۰ جهت تولید حداکثر ماده خشک کل گیاه کینوا رقم Titicaca توصیه می‌شود.

شاخص برداشت

نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده‌ها در جدول۳ نشان داد که سطوح نیتروژن، سطوح کم‌آبیاری و همچنین برهم‌کنش نیتروژن و کم‌آبیاری اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشته است. مقادیر

شاخص برداشت در تیمارهای مختلف در جدول ۴ مشاهده می-گردد. در حالی که در هر چهار سطح کودی با کم آبیاری ۷۵ درصد آبیاری کامل، در شاخص برداشت نسبت به آبیاری کامل تفاوت معناداری مشاهده نگردید، کم آبیاری ۵۰ درصد آبیاری کامل موجب کاهش معنادار۲۵/۵، ۱۷/۸ و ۱۱ درصدی شاخص برداشت به ترتیب در سطوح کودی صفر، ۱۲۵و $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ شده است همچنین با کاهش نیمی از آب آبیاری در سطح کودی $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ تفاوت معناداری مشاهده نشد.

به طور کلی با کم آبیاری ۷۵ درصد آبیاری کامل، افزایش کود نیتروژن به مقدار ۲۵۰و $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ به ترتیب موجب افزایش معنادار ۱۲/۵ و ۱۰ درصد شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن شد. همچنین درکاهش نیمی از آب آبیاری با کاربرد ۱۲۵، ۲۵۰ و $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵، افزایش معنادار به ترتیب ۱۹/۴، ۳۸/۷ و ۲۹/۰ درصد شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده گردید. درپژوهش حاضر مقدار شاخص برداشت بین ۰/۳۱-۰/۴۵ متفاوت بوده است، در حالیکه طی تحقیقاتی (Alvar-Beltran *et al.*, 2019) در سودان، میانگین شاخص برداشت برای گیاه کینوا رقم Titicaca را ۰/۳۸ بیان کردند و در شرایط آب‌وهوایی جنوب مراکش نیز بیشترین شاخص برداشت را ۰/۴۵ وکمترین مقدار شاخص برداشت را ۰/۱۲ گزارش کردند (Hirich *et al.*, 2014b).

وزن هزار دانه

با توجه به نتایج ارایه شده درجدول۳ نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات سطوح آب آبیاری و سطوح نیتروژن بر وزن هزار دانه معنادار بوده است اما اثر برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبوده است. در بررسی اثر اصلی مقدار آب آبیاری بر وزن هزار دانه، اعمال تیمار آبیاری75%FI و 50%FI به ترتیب باعث کاهش معنادار ۷ و ۲۴ درصد وزن هزار دانه نسبت به تیمار آبیاری کامل گردید. از سوی دیگر بررسی اثر اصلی کود نیتروژن بر وزن هزار دانه نشان داد که افزایش کود تا $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ تاثیر معنادار بر وزن هزاردانه گیاه کینوا نداشته اما کاربرد سطح بالای کود($kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵) باعث کاهش ۱۲/۸درصدی وزن هزاردانه نسبت به عدم استفاده از کود نیتروژن شده است. در این راستا محققان دیگری نیز کاهش وزن هزاردانه را با کاربرد سطوح بالای نیتروژن(Gomaa, 2013; Geren, 2015) گزارش کردند. از سوی دیگر پژوهشگران نیز عدم ایجاد تفاوت معنادار در وزن هزاردانه با کاربرد کود نیتروژن تا $kg\ N\ ha^{-1}$ ۱۲۰ را گزارش کردند(Barsa *et al.*, (2014).

جدول ۵- تأثیر برهم کنش سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل برگ و بهره‌وری آب کینوا.

سطوح آبیاری	سطوح نیتروژن	وزن هزاردانه (g)	بهره‌وری آب ($kg\ m^{-3}$)	شاخص کلروفیل
آبیاری کامل	۰	۲/۳۲ a*	۰/۴۳ e	۴۸/۰۰ f
	۱۲۵	۲/۲۱ a	۰/۵۷ d	۵۳/۸۰ cde
	۲۵۰	۲/۱۷ a	۰/۶۲ bcd	۵۴/۲۰ cde
	۳۷۵	۲/۱۰ ab	۰/۶۸ ab	۶۰/۷۷ a
۰/۷۵آبیاری کامل	۰	۲/۱۷ a	۰/۴۵ e	۵۰/۴۰ ef
	۱۲۵	۲/۲۰ a	۰/۵۸ cd	۵۱/۶۰ def
	۲۵۰	۲/۰۳ abc	۰/۷۰ ab	۵۷/۸۳ abc
	۳۷۵	۱/۸۲ bcd	۰/۶۵ bcd	۵۸/۷۷ ab
۰/۵آبیاری کامل	۰	۱/۸۴ bcd	۰/۲۹ f	۴۸/۳۰ f
	۱۲۵	۱/۵۰ e	۰/۵۵ d	۵۱/۶۷ def
	۲۵۰	۱/۷۴ cde	۰/۷۵ a	۵۴/۸۰ bcde
	۳۷۵	۱/۶۰ de	۰/۶۶ abc	۵۶/۰۳ bcd

*داده‌هایی که دارای حرف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

همچنین طی تحقیقات متفاوت، پژوهشگران اظهار داشتند که کاربرد بیشترکود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد شده، اما اثر معنادار در اندازه و وزن بذر ندارد (Shams, 2012; Piva *et al.*, 2015). حداکثر وزن هزار دانه در پژوهش حاضر۲/۳۲ گرم بوده است، در حالیکه محققی در رقم‌های متفاوت گیاه کینوا وزن هزاردانه را بین ۰/۶ تا ۱/۲ گرم متفاوت دانسته است(Rojas, 2003)، همچنین در پژوهش‌هایی با اعمال تیمار کود نیتروژن، حداکثر وزن هزار دانه را ۳/۶ گرم (Sezen *et al.*, 2016) و ۱/۹ گرم (Alvar-Beltran *et al.*, 2019) گزارش کردند.

شاخص کلروفیل برگ

نتایج مربوط به تجزیه واریانس پژوهش حاضر در جدول۳ نشان داد که اثر سطوح کود نیتروژن بر کلروفیل برگ معنادار بوده است،

اما اثر سطوح آب آبیاری و برهم‌کنش نیتروژن و آب آبیاری بر کلروفیل معنادار نبوده است. درحالیکه در پژوهشی محققان گزارش کردند (Yang *et al.*, 2016) که شاخص کلروفیل برگ به طور معنادار تحت تاثیر تیمار آبیاری می‌باشد و میزان کلروفیل در آبیاری‌کامل بیشتر از کم آبیاری بوده است.

مقادیر مربوط به کلروفیل برگ کینوا رقم تیتیکاکا در جدول۴ ارایه شده است. بررسی اثر اصلی کود نیتروژن بر کلروفیل برگ نشان داد که درتیمارهای کودی۱۲۵، ۲۵۰ و $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ به ترتیب ۷، ۱۳/۷ و ۱۹/۷ درصد افزایش کلروفیل نسبت به تیمار بدون کاربرد کود نیتروژن به دست آمده است. همچنین افزایش مقدار کودکاربردی از۱۲۵ به ۲۵۰ و$kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ به ترتیب ۶/۲ و ۱۱/۷ درصد کلروفیل برگ را افزایش داده است، و کاربرد کود نیتروژن به میزان $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ موجب افزایش ۵ درصدی کلروفیل برگ نسبت به تیمار کود $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ گردید. در این راستا در طرحی(Basra *et al.*, 2014) با بررسی اثر سطوح متفاوت کود نیتروژن بر دو رقم گیاه کینوا، محققان گزارش دادند میزان کلروفیل برگ هر دو رقم با افزایش سطوح کود نیتروژن افزایش می یابد. بطور کلی با توجه به حد بهینه کود نیتروژن بر اساس عملکرد دانه ($kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰) حد آستانه شاخص کلروفیل برگ معادل ۵۵/۶ تعیین شد.

بهره وری آب

نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثرات سطوح کود نیتروژن و برهم‌کنش نیتروژن و کم‌آبیاری بر میزان بهره‌وری آب عملکرد دانه معنی‌دار بوده است، اما اثر اصلی کم‌آبیاری معنادار نبوده است. مقادیر مربوط به بهره‌وری آب گیاه کینوا در جدول۵ ارایه شده است. کم آبیاری به میزان ۵۰درصد، تنها در سطوح کود نیتروژن صفر و $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ موجب تفاوت معنادار بهره‌وری آب عملکرد دانه با تیمار آبیاری کامل شد. بیشترین بهره‌وری آب عملکرد دانه در تیمار آبیاری50%FI و سطح کودی $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ مشاهده گردید که تفاوت معنی داری با تیمار آبیاری75%FI و سطح کودی $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ نداشت. طبق جدول۵ در تیمارکود نیتروژن$kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ بهره‌وری آب عملکرد دانه در آبیاری50%FI نسبت به آبیاری کامل ۲۱ درصد افزایش یافته است.

نتایج نشان داد در هر سه سطح آب آبیاری باکاربرد کود به میزان $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ و $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ بهره‌وری آب عملکرد دانه، از نظر آماری تفاوت معنادار ندارد، در نتیجه با توجه به مقدار بهره‌وری آب آبیاری از نظر آماری، کود نیتروژن $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ به عنوان کود بهینه توصیه می‌شود. همچنین افزایش مقدار کود نیتروژن کاربردی، باعث افزایش معنادار بهره‌وری آب عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن شد. در این راستا در پژوهشی(Hirich *et al.*, 2014a) عدم اثر معنادار کودآلی بر بهره‌وری آب گیاه کینوا گزارش شد، ولی نتایج پژوهشی دیگر (Alizadeh-zoaj & Sepaskhah, 2016) افزایش میزان بهره‌وری آب را با افزایش مقدار کود نیتروژن کاربردی گزارش کرده است. در پژوهش حاضر حداکثر بهره‌وری آب با کاهش نیمی از آب آبیاری و کاربرد کود$kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ معادل$kg\ m^{-3}$ ۰/۷۵ به دست آمده است که بیشتر از۰/۶ و ۰/۵۸ به ترتیب در بولیوی و ترکیه گزارش شده است(Geerts *et al.*, 2009; Yazar, 2015) که در ایتالیا کمتر از ۱/۲ (Riccardi *et al.*, 2014) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی در کشت بهاره کینوا رقم تیتیکاکا حداکثر مقدار عملکرد دانه، کل ماده خشک و شاخص برداشت در سطوح کودی $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ بدون تفاوت معنادار با سطح کودی $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ مشاهده گردید. در حالیکه افزایش کود نیتروژن کاربردی به مزرعه از صفر به $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ موجب کاهش وزن هزاردانه شد. در شرایط تنش شدید آبی نیز کاربرد ۱۲۵، ۲۵۰ و $kg\ N\ ha^{-1}$ ۳۷۵ موجب افزایش به ترتیب ۱۹/۴، ۳۸/۷ و ۲۹/۰ درصد شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده گردید. همچنین حداکثر بهره‌وری آب به ازاء عملکرد دانه، در تیمار کم آبیاری ۷۵ درصد آبیاری کامل، و کود $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ مشاهده گردید. کاهش نیمی از آب آبیاری در سطح کودی $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰ موجب افزایش ۲۱درصدی بهره‌وری آب عملکرد دانه نسبت به آبیاری کامل گردید. همچنین پژوهش حاضر نشان داد، استفاده از سطوح متفاوت کود نیتروژن موجب افزایش معنادار بهره‌وری آب عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن می شود. به طور کلی با توجه پارامترهای اندازه‌گیری شده در پژوهش حاضر، میزان کود نیتروژن کاربردی قابل توصیه بر اساس تولید بهینه گیاه کینوا در آبیاری کامل و کم آبیاری ۷۵ درصد، سطح کودی $kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰و در۵۰ درصد آبیاری کامل $kg\ N\ ha^{-1}$ ۱۲۵ می‌باشد. بطور کلی با توجه به حد بهینه کود نیتروژن بر اساس عملکرد دانه ($kg\ N\ ha^{-1}$ ۲۵۰) حد آستانه شاخص کلروفیل برگ معادل ۵۵/۶ تعیین شد. لازم به توضیح است که در این تحقیق تحلیل اقتصادی کاربرد کود نیتروژن صورت نگرفته است و نتایج بر اساس مقدار محصول ارائه شده است.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله ازمرکز مطالعات خشکسالی دانشگاه شیراز به

واسطه حمایت های علمی این مرکز قدردانی می‌نمایند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

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.

Alandia, G., Jacobsen, S. E., Kyvsgaard, N. C., Condori, B., & Liu, F. (2016). Nitrogen sustains seed yield of Quinoa under intermediate drought. Journal of Agronomy and Crop Science, 202(4), 281-291.

Alizadeh-Zoaj, F., & Sepaskhah, A. R. (2016). Quinoa yield response to deficit irrigation and nitrogen levels in presence of saline shallow groundwater. International Quinoa Conference 2016, (pp. 45-46). Dubai: Dubai, UAE.

Alvar-Beltrán, J., Dao, A., Marta, A. D., Saturnin, C., Casini, P., Sanou, J., & Orlandini, S. (2019). Effect of Drought, Nitrogen Fertilization, Temperature, and Photoperiodicity on Quinoa Plant Growth and Development in the Sahel. Agronomy, 9(10), 607.

Aroni janco, G. E. N. A. R. O. (1991). Fertilizacion quimica en el cultivo de quinua en condiciones del altiplano sud comunidad chacala provincia quijarro (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Tomás Frías).

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

English, M. (1990). Deficit irrigation. I: Analytical framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 116(3), 399-412.

Erley,G.S., Kaul,H.P., Kruse, M., & 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.

Garcia, M., Raes, D., & Jacobsen, S. E. (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (Chenopodium quinoa) in the Bolivian highlands. Agricultural Water Management, 60(2), 119-134.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Condori, O., Mamani, J., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., Yucra, E., & Vacher, J. (2008a). Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano?. Agricultural Water Management, 95(8), 909-917.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Del Castillo, C., & Buytaert, W. (2006). Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa. Agricultural and Forest Meteorology, 139(3-4), 399-412.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Taboada, C., Miranda, R., Cusicanqui, J., Mhizha, T. & Vacher, J. (2009). Modeling the potential for closing quinoa yield gaps under varying water availability in the Bolivian Altiplano. Agricultural Water Management, 96(11), 1652-1658.

Geren, H. (2015). Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) under Mediterranean climatic conditions. Turkish Journal of Fields Crops, 20(1), 59-64.

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

Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S. E. (2014a). Deficit irrigation and organic compost improve growth and yield of quinoa and pea. Journal of Agronomy and Crop Science, 200(5), 390-398.

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

Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Food reviews international, 19(1-2), 167-177.

Jacobsen, S. E. (2017). The scope for adaptation of quinoa in Northern Latitudes of Europe. Journal of Agronomy and Crop Science, 203(6), 603-613.

Jacobsen, S. E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L. A., Corcuera, L. J., & Mujica, A. (2005). Plant responses of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy, 22(2), 131-139.

Kakabouki, I., Bilalis, D., Karkanis, A., Zervas, G., & 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.

Kaya, Ç. I., Yazar, A., & Sezen, S. M. (2015). SALTMED model performance on simulation of soil moisture and crop yield for quinoa irrigated using different irrigation systems, irrigation strategies and water qualities in Turkey. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 4, 108-118.

Pereira, L. S., Oweis, T., & Zairi, A. (2002). Irrigation management under water scarcity. Agricultural Water Management, 57(3), 175-206.

Piva, G.; Brasse, C.; & Mehinagic, E. 2015. In State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013. Chapter 6.1.2: Quinoa D'Anjou: The beginning of a French quinoa sector. pp. 447-453. Rome: FAO and CIRAD.

Razzaghi, F., & Sepaskhah, A. R. (2012). Calibration and validation of four common ET0 estimation equations by lysimeter data in a semi-arid environment. Archives of Agronomy and Soil Science, 58(3), 303-319.

Razzaghi, F., Henriksen, S., Naghdyzadegan, J. M.,

Andersen, M. N., & Jacobsen, S. E. (2016). Potential of quinoa production in humid and dry regions under different irrigation and soil conditions: Denmark and Iran. *International Quinoa Conference 2016*, (pp. 42). Dubai: Dubai, UAE.

Razzaghi, F., Plauborg, F., Jacobsen, S. E., Jensen, C. R., & Andersen, M. N. (2012). Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. *Agricultural Water Management*, *109*, 20-29.

Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (Chenopodium quinoa) and kañiwa (Chenopodium pallidicaule). Food Reviews International, 19(1-2), 179-189.

Riccardi, M., Pulvento, C., Lavini, A., d'Andria, R., & Jacobsen, S. E. (2014). Growth and ionic content of quinoa under saline irrigation. Journal of Agronomy and Crop Science, 200(4), 246-260.

Rojas, W. 2003. Multivariate Analysis of Genetic Diversity of Bolivian Quinoa Germplasm. Food Reviews International 19, 9-23.

Ruiz, K. B., Biondi, S., Martínez, E. A., Orsini, F., Antognoni, F., & Jacobsen, S. E. (2016). Quinoa–a model crop for understanding salt-tolerance mechanisms in halophytes. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 150(2), 357-371.

Scheben, A., Yuan, Y., & Edwards, D. (2016). Advances in genomics for adapting crops to climate change. Current Plant Biology, 6, 2-10.

Sezen, S. M., Yazar, A., Tekin, S., & Yildiz, M. (2016, November). Use of drainage water for irrigation of quinoa in a Mediterranean environment. In Proceedings of 2nd World Irrigation Forum (WIF2) (pp. 6-8).

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, 9-10.

Smith, M. (2000). The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. Agricultural and Forest Meteorology, 103(1-2), 99-108.

Talebnejad, R., & Sepaskhah, A. R. (2015a). 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.

Talebnejad, R., & Sepaskhah, A. R. (2015b). Effect of deficit irrigation and different saline groundwater depths on yield and water productivity of quinoa. Agricultural Water Management, 159, 225-238.

Talebnejad, R., & Sepaskhah, A. R. (2016a). Physiological characteristics, gas exchange, and plant ion relations of quinoa to different saline groundwater depths and water salinity. Archives of Agronomy and Soil Science, 62(10), 1347-1367.

Talebnejad, R., & Sepaskhah, A. R. (2016b). Modification of transient state analytical model under different saline groundwater depths, irrigation water salinities and deficit irrigation for quinoa. International Journal of Plant Production, 10(3), 365-390.

Yang, A., Akhtar, S. S., Amjad, M., Iqbal, S., & Jacobsen, S. E. (2016). Growth and physiological responses of quinoa to drought and temperature stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *202*(6), 445-453.

Yarami, N., & Sepaskhah, A. R. (2015). Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. Agricultural Water Management, 150, 57-66.

Yazar, A. 2015. Quinoa experimentation and production in Turkey. In: Bazile, D., D. Bertero, and C. Nieto (Eds.), State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013. FAO & CIRAD, Rome, p. 466–477.

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

Zhang, H., & Oweis, T. (1999). Water–yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agricultural Water Management, 38(3), 195-211.