

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

MARYAM BAHRAMI<sup>1</sup>, REZVAN TALEBNEJAD<sup>1\*</sup>, ALI REZA SEPASKHAH<sup>1</sup>

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

Today 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> nitrogen fertilizer application levels. Increasing nitrogen fertilizer application levels from 250 to 375 kg N ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> 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](mailto: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<sup>۱</sup>، رضوان طالب‌نژاد<sup>۱\*</sup>، علیرضا سپاسخواه<sup>۱</sup>

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 و خاک برای کاشت گیاه جدید مقاوم به تنش‌های محیطی، مانند کینوا، در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بررسی برهمکنش سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا رقم Titicaca، در اسفند ۱۳۹۶ 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 در چهار سطح کودی صفر، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۳۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آب آبیاری در سه سطح آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و ۵۰ 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 پر کردن دانه به مزرعه داده شد. کاهش آب آبیاری به میزان ۲۵ درصد، تفاوت معنی داری در عملکرد دانه در سطوح کودی صفر، ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ایجاد نکرد. افزایش سطوح کودی از ۲۵۰ به ۳۷۵ kg N ha<sup>-1</sup> در شرایط کم آبیاری در سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل (۶۰۰ و ۴۸۵ mm) باعث تفاوت معنی‌دار در عملکرد دانه و ماده خشک کل گیاه کینوا نگردید. به طور کلی 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<sup>-1</sup> می‌باشد. همچنین با مدیریت آب و کود ذکر شده، حد آستانه شاخص کلروفیل برگ معادل ۵۵ تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: هالوفیت، کلروفیل برگ، کم آبیاری، بهره‌وری آب.

### مقدمه

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.*, 2016; Ruiz *et al.*, 2016; Scheben *et al.*, 2012)، 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 فاقد گلوتن 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 در ایران و خشکسالی‌های اخیر، کینوا می‌تواند یک گیاه پیشنهادی برای تولید غذای با کیفیت در ایران باشد. به‌علت افزایش روزافزون جمعیت و در پی آن نیاز به افزایش تولید عملکرد، سهم کشاورزی در مصرف ذخایر آبی جهان روز به روز افزایش می‌یابد. بنابراین در بخش کشاورزی،

اخیرا به جهت استفاده موثر از منابع محدود آب و خاک، تولید گیاه جدید مقاوم به تنش‌های محیطی مانند کینوا در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته 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 از منابع آب و خاک می‌تواند برای آبیاری کینوا استفاده گردد (Kaya *et al.*, 2015; Talebnejad & Sepaskhah, 2015a) و طیف گسترده‌ای از خاک‌ها برای کشت کینوا مناسب است. با این حال، خشک شدن سطح خاک و سله بستن می‌تواند پتانسیل جوانه زنی را کاهش دهد. کشت کینوا در خاک‌های سنگین در صورتی ممکن است، که

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،  $80 \text{ (kg N ha}^{-1}\text{)}$  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 کم آبیاری اثر معنی‌دار بر روی هدایت روزنه‌ای و ماده خشک دارد؛ در حالیکه عملکرد تحت تاثیر هر دو عامل کم آبیاری و کود آلی قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه ( $3/3$  تن در هکتار) در تیمار آبیاری کامل و ۱۰ تن در هکتار کمپوست حاصل شد. همچنین اثر کمپوست جهت تولید عملکرد و زیست توده در شرایط کم آبیاری به طور قابل توجهی مطلوب تر از آبیاری کامل است و در نهایت ترکیب کم آبیاری 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 بر کیفیت دانه نیز تاثیر دارد (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 آبیاری کامل) و کود نیتروژن (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلو نیتروژن بر هکتار) و تاریخ کشت بر گیاه کینوا رقم Titicaca انجام شد. نتایج نشان داد که کینوا در شرایط کم آبیاری و نیتروژن کاربردی کم، می‌تواند عملکرد دانه خوبی داشته باشد؛

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 کم آبیاری می‌تواند مورد بررسی پژوهشگران قرار گیرد. هدف از کم آبیاری (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 کم آبیاری یک گزینه ارزشمند برای رسیدن به عملکرد بهینه گیاه کینوا در مناطق مختلف دارای دوره خشکی فصلی می‌باشد (Garcia, 2003; Geerts *et al.*, 2006). در پژوهشی گلخانه‌ای در ایران، عملکرد و بهره‌وری آب کینوا، تحت اثر عمق آب زیرزمینی و کم آبیاری 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 رژیم‌های آبیاری کامل (۹۵ درصد ظرفیت زراعی) و کم آبیاری (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 کم آبیاری 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 ( $0/58$  کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار آبیاری بخشی ریشه به دست آمد (Yazar, 2015). Yazar *et al.* (2015) با ۹ تیمار متفاوت آب آبیاری شور و غیر شور نشان داد که عملکرد دانه بین  $1/7$  تا  $2/3$  تن بر هکتار متفاوت بوده و با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه کاهش می‌یابد. بالاترین مقدار ماده خشک در تیمار آبیاری کامل آب غیر شور ( $6/8$  تن در هکتار) و کمترین مقدار نیز با کم آبیاری ۵۰ درصد با آب شور ( $1/9$  تن در هکتار) به دست آمد.

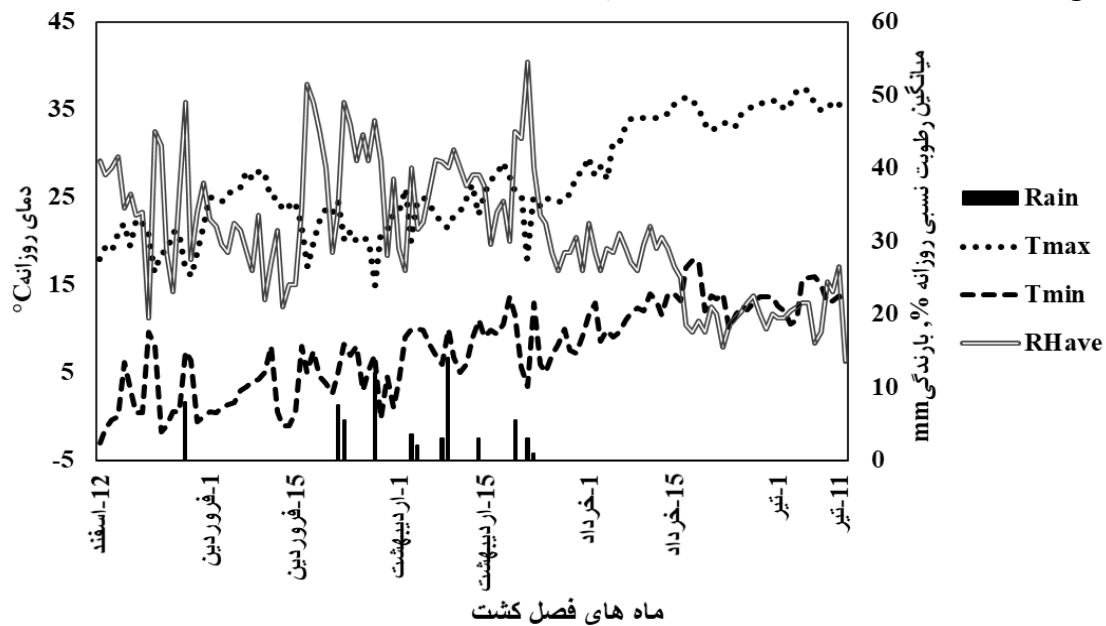
افزایش عملکرد تولید به ازاء واحد آب مصرفی در کشاورزی، باعث افزایش بهره‌وری آب می‌گردد؛ همچنین نیتروژن در افزایش کمی و کیفی عملکرد گیاهان زراعی، نقش بسزایی دارد (Alandia *et al.*, 2016) و به افزایش توان گیاه برای مقابله با شرایط دشوار محیطی نیز کمک می‌کند. گیاه کینوا نیز به

اختلاف معنادار نداشت. بطور کلی مقدار بهینه کود نیتروژن در کشت گیاه کینوا تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه ای و در شرایط آب و هوایی ایران هنوز ارائه نشده است. بنابراین انجام تحقیقاتی به منظور بررسی اثر کم آبیاری و سطوح مختلف کود نیتروژن بر رشد و عملکرد کینوا در مزرعه جهت مدیریت صحیح آب و کود در شرایط خشکسالی الزامی به نظر می رسد (Alizadeh-zoaj & Sepaskhah, 2016).

### مواد و روش ها

آزمایش طی سال زراعی ۹۶-۹۷ در ایستگاه صحرائی بخش آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز با طول جغرافیایی  $52^{\circ}32'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $29^{\circ}36'$  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 شکل ۱ قابل مشاهده است. میانگین حداکثر و حداقل دمای روزانه در طول دوره رشد به ترتیب ۲۷ و ۸ درجه سانتیگراد بود (شکل ۱).

همچنین میانگین شاخص برداشت ۰/۳۸ و حداکثر وزن هزاردانه نیز  $2/4g$  بود (Alvar-Beltran *et al.*, 2019). در تحقیقی دیگر، اثر توامان نیتروژن و کم آبیاری (۵۰ درصد آبیاری کامل) در مرحله پرکردن دانه کینوا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که کم آبیاری ۱۷ تا 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



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

جدول ۱- معرفی تیمارهای آزمایش.

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

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

جهت انجام تحقیقات، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار انجام شد. فاکتور کود نیتروژن در چهار سطح کودی  $N_4, N_3, N_2, N_1$  که به ترتیب معادل صفر، ۱۲۵، ۲۵۰، ۳۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و فاکتور مقدار آب آبیاری در سه سطح  $0.5FI$  و  $0.75FI$ ،  $FI$  معادل آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و ۵۰ درصد آبیاری کامل در نظر گرفته شد. تیمارهای مورد نظر در جدول ۱ ارائه شده است.

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. بذره‌های کینوا رقم Titicaca در تاریخ ۱۲ اسفند ۱۳۹۶ در کرت‌های 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 علف‌های هرز، مبارزه با آفات و ... انجام شد. تیمار آبیاری در مرحله 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 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. بذره‌های کینوا رقم Titicaca در تاریخ ۱۲ اسفند ۱۳۹۶ در کرت‌های 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 علف‌های هرز، مبارزه با آفات و ... انجام شد. تیمار آبیاری در مرحله 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

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

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

لوم رسی سیلتی\*

جداسازی پوشینه از دانه‌های کینوا، به طور تصادفی از هر تیمار سه دسته ۱۰۰ تایی جدا کرده و وزن شد، میانگین وزن آن‌ها را به عنوان وزن ۱۰۰ دانه 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 مقدار آب آبیاری، بهره‌وری آب محاسبه شد.

## نتایج و بحث

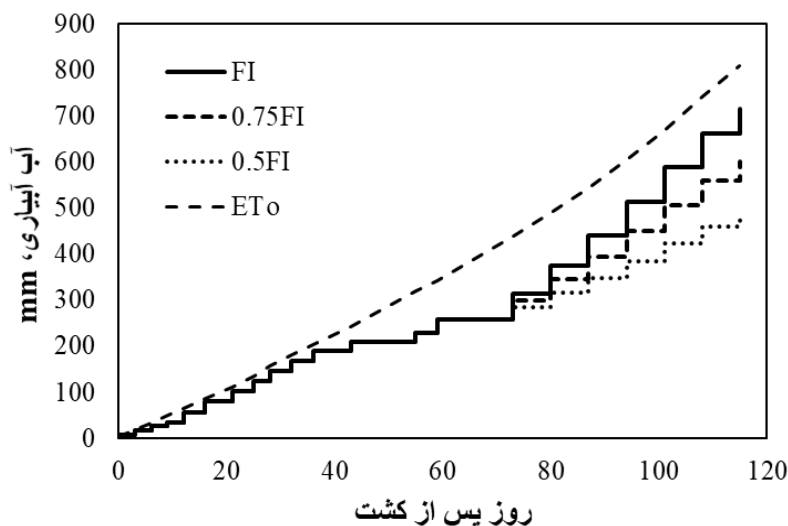
### مقدار آب آبیاری

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

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 سنچ (SPAD 502, Minolta Co. (Ltd., Osaka, Japan اندازه گیری شد. پس از کرم‌رنگ شدن گیاه کینوا، ۴ ردیف مرکزی از ۶ ردیف درون کرت به علت حذف اثر حاشیه ای برداشت شد. پس از خشک شدن در آون به مدت ۴۸-۷۲ 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

رشد در شکل ۲ ارائه شده است. مجموع میزان بارندگی در طی دوره رشد ۶۴ میلی متر بود، همچنین میزان آب آبیاری قبل از اعمال تیمار آبیاری تا روز هفتم پس از کشت ۲۵۶ mm بوده است. بیشترین ارتفاع آب داده شده به تیمار آبیاری کامل بوده که معادل ۷۱۴ mm می باشد.

رشد در شکل ۲ ارائه شده است. مجموع میزان بارندگی در طی دوره رشد ۶۴ میلی متر بود، همچنین میزان آب آبیاری قبل از اعمال تیمار آبیاری تا روز هفتم پس از کشت ۲۵۶ mm بوده



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

**عملکرد دانه**  
نتایج مربوط به تجزیه واریانس طرح آزمایش مورد نظر در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح نیتروژن، سطوح کم آبیاری و همچنین برهم کنش نیتروژن و کم-آبیاری اثر معنی دار بر عملکرد دانه کینوا داشته است. بنابراین برهم کنش نیتروژن و کم آبیاری بر عملکرد دانه در تیمارهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده است.

مقدار آب آبیاری در کل فصل رشد کینوا در تیمارهای آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۷۱۴، ۶۰۰ و ۴۸۵ میلی متر بوده است. با توجه به شکل ۲ در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب کاهش ۱۵/۷ و ۳۱/۵ درصدی ارتفاع آب آبیاری نسبت به تیمار آبیاری کامل 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).

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 <sup>ns</sup>	۰/۲۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۱ <sup>ns</sup>
آبیاری	۲	۴/۹۲۹**	۱۶/۹۷۰**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۱۲/۴۷۵ <sup>ns</sup>
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 <sup>ns</sup>	۰/۰۱۱*	۸/۵۵۷ <sup>ns</sup>
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 معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی دار

طبق نتایج جدول ۴ بیشترین عملکرد دانه بدون تفاوت معنادار در تیمار آبیاری کامل و کود نیتروژن کاربردی  $kg N ha^{-1}$  ۳۷۵ و  $(4/27 Mg ha^{-1})$  ۲۵۰ آمده است. در حالیکه حداکثر عملکرد برداشت شده در گزارشات، در شرایط آب و هوایی جنوب مراکش  $Mg (Hirich et al., 2014a)$   $3/11 Mg ha^{-1}$  بیان شده است. به طور کلی در آبیاری کامل و تنش های آبیاری (75%FI و 50%FI) نیز تفاوت معنی دار در

طبق نتایج جدول ۴ بیشترین عملکرد دانه بدون تفاوت معنادار در تیمار آبیاری کامل و کود نیتروژن کاربردی  $kg N ha^{-1}$  ۳۷۵ و  $(4/27 Mg ha^{-1})$  ۲۵۰ آمده است. در حالیکه حداکثر عملکرد برداشت شده در گزارشات، در شرایط آب و هوایی جنوب مراکش  $Mg (Hirich et al., 2014a)$

عملکرد دانه سطوح کودی  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  مشاهده نگردید. تحلیل اثر اصلی تیمارهای کود بر عملکرد دانه نشان داد که کاربرد کود نیتروژن به میزان  $125 \text{ kg N ha}^{-1}$  نسبت به عدم کاربرد کود، عملکرد دانه را به طور متوسط  $42/5$  درصد افزایش داده است. در حالیکه میزان کود نیتروژن کاربردی به بیش از  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  (تا  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) افزایش یابد، به طور متوسط موجب افزایش  $69$  درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد کود می گردد. 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  $120$ ،  $200$  و  $360 \text{ kg N ha}^{-1}$  گزارش کردند، اما در تحقیقات Alvar-Beltran *et al.* (2019) افزایش عملکرد دانه با کاربرد کود نیتروژن تا  $100 \text{ N ha}^{-1}$  مشاهده نگردید.  $50$  درصد کاهش آب آبیاری، باعث کاهش معنادار عملکرد دانه به میزان  $16$  درصد در تیمار کود  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  و  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$ ،  $32/7$  درصد در تیمارهای کودی  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  و  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  (۵۳ درصد در تیمار شاهد ( $0 \text{ kg N ha}^{-1}$  صفر) نسبت به تیمار آبیاری کامل شده است، در ترکیه نیز با  $9$  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 و 50%FI) افزایش کود نیتروژن تا  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  موجب افزایش معنادار عملکرد دانه گردیده است و از نظر آماری کود نیتروژن  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  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.

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

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

اطلاع کردند (Kakabouki *et al.*, 2014) با کاربرد کود  $200$  و  $345$  کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار ماده خشک کل تفاوت معناداری نداشته است. کاهش  $25$  درصد آب آبیاری در سطوح بالای کود کاربردی ( $375$  و  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) موجب کاهش معنادار ماده خشک شد در حالیکه در سطوح کودی پایین تر تفاوت معناداری مشاهده نگردید. از نظر آماری کود نیتروژن  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  جهت تولید حداکثر ماده خشک کل گیاه کینوا رقم Titicaca توصیه می شود.

#### شاخص برداشت

نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۳ نشان داد که سطوح نیتروژن، سطوح کم آبیاری و همچنین برهم کنش نیتروژن و کم آبیاری اثر معنی داری بر شاخص برداشت داشته است. مقادیر

کل ماده خشک نتایج تجزیه واریانس کل ماده خشک هوایی جدول ۳ نشان داد که سطوح نیتروژن، سطوح کم آبیاری و همچنین برهم کنش نیتروژن و کم آبیاری بر کل ماده خشک کینوا اثر معنی دار داشته است. مقادیر مربوط به کل ماده خشک گیاه کینوا در جدول ۴ ارائه شده است. طبق جدول ۴ بیشترین کل ماده خشک هوایی در شرایط آبیاری کامل و با اعمال کود نیتروژن  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  برابر  $375 \text{ Mg ha}^{-1}$   $10/44$  مشاهده شد که تفاوت معنی دار با سطوح کود نیتروژن  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  در آبیاری کامل نداشت. در واقع به طور متوسط، اعمال کود نیتروژن از  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  به بالا موجب افزایش  $40/5$  درصد ماده خشک تولیدی نسبت به تیمار کود شاهد در شرایط آبیاری کامل شده است. در همین راستا نیز طی تحقیقی محققان

کردند (Hirich et al., 2014b).

### وزن هزار دانه

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ 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 آبیاری 75%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  $125 \text{ kg N ha}^{-1}$  تاثیر معنادار بر وزن هزاردانه گیاه کینوا نداشته اما کاربرد سطح بالای کود ( $375 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) باعث کاهش  $12/8$  درصدی 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  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$  را گزارش کردند (Barsa et al., 2014).

شاخص برداشت در تیمارهای مختلف در جدول ۴ مشاهده می‌گردد. 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 معنادار  $25/5$ ،  $17/8$  و  $11$  درصدی شاخص برداشت به ترتیب در سطوح کودی صفر،  $125$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  شده است همچنین با کاهش نیمی از آب آبیاری در سطح کودی  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  تفاوت معناداری مشاهده نشد.

به طور کلی با کم آبیاری ۷۵ درصد آبیاری کامل، افزایش کود نیتروژن به مقدار  $250$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  به ترتیب موجب افزایش معنادار  $12/5$  و  $10$  درصد شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن شد. همچنین در کاهش نیمی از آب آبیاری با کاربرد  $125$ ،  $250$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$ ، افزایش معنادار به ترتیب  $19/4$ ،  $38/7$  و  $29/0$  درصد شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده گردید. در پژوهش حاضر مقدار شاخص برداشت بین  $0/31-0/45$  متفاوت بوده است، در حالیکه طی تحقیقاتی (Alvar-Beltran et al., 2019) در سودان، میانگین شاخص برداشت برای گیاه کینوا رقم Titicaca را  $0/38$  بیان کردند و در شرایط آب‌وهوایی جنوب مراکش نیز بیشترین شاخص برداشت را  $0/45$  و کمترین مقدار شاخص برداشت را  $0/12$  گزارش

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 ( $\text{kg m}^{-3}$ )	شاخص کلروفیل
آبیاری کامل	۰	$2/32 \text{ a}^*$	$0/43 \text{ e}$	$48/00 \text{ f}$
	۱۲۵	$2/21 \text{ a}$	$0/57 \text{ d}$	$53/80 \text{ cde}$
	۲۵۰	$2/17 \text{ a}$	$0/62 \text{ bcd}$	$54/20 \text{ cde}$
	۳۷۵	$2/10 \text{ ab}$	$0/68 \text{ ab}$	$60/77 \text{ a}$
۰/۷۵ آبیاری کامل	۰	$2/17 \text{ a}$	$0/45 \text{ e}$	$50/40 \text{ ef}$
	۱۲۵	$2/20 \text{ a}$	$0/58 \text{ cd}$	$51/60 \text{ def}$
	۲۵۰	$2/03 \text{ abc}$	$0/70 \text{ ab}$	$57/83 \text{ abc}$
	۳۷۵	$1/82 \text{ bcd}$	$0/65 \text{ bcd}$	$58/77 \text{ ab}$
۰/۵ آبیاری کامل	۰	$1/84 \text{ bcd}$	$0/29 \text{ f}$	$48/30 \text{ f}$
	۱۲۵	$1/50 \text{ e}$	$0/55 \text{ d}$	$51/67 \text{ def}$
	۲۵۰	$1/74 \text{ cde}$	$0/75 \text{ a}$	$54/80 \text{ bcde}$
	۳۷۵	$1/60 \text{ de}$	$0/66 \text{ abc}$	$56/03 \text{ bcd}$

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

(2003)، همچنین در پژوهش‌هایی با اعمال تیمار کود نیتروژن، حداکثر وزن هزار دانه را  $3/6$  گرم (Sezen et al., 2016) و  $1/9$  گرم (Alvar-Beltran et al., 2019) گزارش کردند.

### شاخص کلروفیل برگ

نتایج مربوط به تجزیه واریانس پژوهش حاضر در جدول ۳ نشان داد که اثر سطوح کود نیتروژن بر کلروفیل برگ معنادار بوده است،

همچنین طی تحقیقات متفاوت، پژوهشگران اظهار داشتند که کاربرد بیشتر کود 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 حاضر  $2/32$  گرم بوده است، در حالیکه محققان در رقم‌های متفاوت گیاه کینوا (Rojas) وزن هزاردانه را بین  $0/6$  تا  $1/2$  گرم متفاوت دانسته است.



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  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  معادل  $0.75 \text{ kg m}^{-3}$  به دست آمده است که بیشتر از  $0.6$  و  $0.58$  به ترتیب در بولیوی و ترکیه گزارش شده است (Geerts *et al.*, 2009; Yazar, 2015) که در ایتالیا کمتر از  $1/2$  (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  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  بدون تفاوت معنادار با سطح کودی  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  مشاهده گردید. در حالیکه افزایش کود نیتروژن کاربردی به مزرعه از صفر به  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  موجب کاهش وزن هزاردانه شد. در شرایط تنش شدید آبی نیز کاربرد  $125$ ،  $250$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  موجب افزایش به ترتیب  $19/4$ ،  $38/7$  و  $29/0$  درصد شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده گردید. همچنین حداکثر بهره‌وری آب به ازاء عملکرد دانه، در تیمار کم آبیاری  $75$  درصد آبیاری کامل، و کود  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  مشاهده گردید. کاهش نیمی از آب آبیاری در سطح کودی  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  موجب افزایش  $21$  درصدی 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 می‌شود. 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  $75$  درصد، سطح کودی  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  و در  $50$  درصد آبیاری کامل  $125 \text{ kg N ha}^{-1}$  می‌باشد. بطور کلی با توجه به حد بهینه کود نیتروژن بر اساس عملکرد دانه ( $250 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) حد آستانه شاخص کلروفیل برگ معادل  $55/6$  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 از مرکز مطالعات خشکسالی دانشگاه شیراز به

اما اثر سطوح آب آبیاری و برهم‌کنش نیتروژن و آب آبیاری بر کلروفیل معنادار نبوده است. در حالیکه 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 آبیاری کامل بیشتر از کم آبیاری بوده است.

مقادیر مربوط به کلروفیل برگ کینوا رقم تیتیکاکا در جدول ۴ ارائه شده است. بررسی اثر اصلی کود نیتروژن بر کلروفیل برگ نشان داد که در تیمارهای کودی  $125$ ،  $250$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  به ترتیب  $7$ ،  $13/7$  و  $19/7$  درصد افزایش کلروفیل نسبت به تیمار بدون کاربرد کود نیتروژن به دست آمده است. همچنین افزایش مقدار کود کاربردی از  $125$  به  $250$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  به ترتیب  $2$ ،  $6/2$  و  $11/7$  درصد کلروفیل برگ را افزایش داده است، و کاربرد کود نیتروژن به میزان  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  موجب افزایش  $5$  درصدی کلروفیل برگ نسبت به تیمار کود  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  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 می‌یابد. بطور کلی با توجه به حد بهینه کود نیتروژن بر اساس عملکرد دانه ( $250 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) حد آستانه شاخص کلروفیل برگ معادل  $55/6$  تعیین شد.

### بهره‌وری آب

نتایج مربوط به تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثرات سطوح کود نیتروژن و برهم‌کنش نیتروژن و کم آبیاری بر میزان بهره‌وری آب عملکرد دانه معنی‌دار نبوده است، اما اثر اصلی کم آبیاری معنادار نبوده است. مقادیر مربوط به بهره‌وری آب گیاه کینوا در جدول ۵ ارائه شده است. کم آبیاری به میزان  $50$  درصد، تنها در سطوح کود نیتروژن صفر و  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  موجب تفاوت معنادار بهره‌وری آب عملکرد دانه با تیمار آبیاری کامل شد. بیشترین بهره‌وری آب عملکرد دانه در تیمار آبیاری  $50\% \text{FI}$  و سطح کودی  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با تیمار آبیاری  $75\% \text{FI}$  و سطح کودی  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  نداشت. طبق جدول ۵ در تیمار کود نیتروژن  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  بهره‌وری آب عملکرد دانه در آبیاری  $50\% \text{FI}$  نسبت به آبیاری کامل  $21$  درصد افزایش یافته است.

نتایج نشان داد در هر سه سطح آب آبیاری با کاربرد کود به میزان  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  و  $375 \text{ kg N ha}^{-1}$  بهره‌وری آب عملکرد دانه، از نظر آماری تفاوت معنادار ندارد، در نتیجه با توجه به مقدار بهره‌وری آب آبیاری از نظر آماری، کود نیتروژن  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  به عنوان کود بهینه توصیه می‌شود. همچنین افزایش مقدار کود

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

واسطه حمایت های علمی این مرکز قدردانی می‌نمایند.

## 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 ET<sub>0</sub> estimation equations by lysimeter data in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(3), 303-319.
- Razzaghi, F., Henriksen, S., Naghdzadegan, 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.