Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۳ / سال ۱۳۹۹/ صفحات ۳۵۷-۳۴۷

تأثیر دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا (*Chenopodium quinoa*) درشرایط شور

حسین بیرامی[1*]، محمدحسن رحیمیان[1]، معصومه صالحی[1]، رستم یزدانی بیوکی[1]، مهدی شیران تفتی[1]، مجید نیکخواه[1]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/٤/۸

۱-مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
مسئول مکاتبه : beyrami.h@hotmail.com

چکیده

اهداف: این پژوهش با هدف بررسی تأثیر دورهای مختلف آبیاری با روش قطره‌ای (تیپ) بر عملکرد و اجزاء عملکرد کینوا (رقم تیتیکاکا) در کشت بهار در یزد انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایشات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دورهای مختلف آبیاری (۳، ۷، ۱۰، ۱٤، ۱۷ و ۲۰ روز) و در سه تکرار انجام گردید. آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ۱۰ دسی زیمنس بر متر بود. در پایان فصل رشد پارامترهایی مانند ارتفاع بوته، طول و عرض پانیکول، تعداد پانیکول در بوته، قطر ساقه، وزن هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری و اثر دور آبیاری بر این پارامترها بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان‌دهنده اثر معنی‌دار حجم آب آبیاری بر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از عرض پانیکول و تعداد پانیکول در هر بوته بود. بیشترین مقادیر زیست‌توده در دور آبیاری ۱۰ روز (۹/۷ تن در هکتار)، عملکرد دانه در دور آبیاری سه روز (۳/۲ تن در هکتار) و شاخص برداشت در دور آبیاری سه روز (۳۹/۱ درصد) مشاهده شد. کمترین مقادیر زیست‌توده (٦/۸ تن در هکتار)، عملکرد دانه (۱/۷ تن در هکتار) و شاخص برداشت (۲۵/۲ درصد) در دور آبیاری ۲۰ روز مشاهده شد. ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با وزن هزار دانه (r=۰/۸۲۱**) و طول پانیکول (r=۰/۷۱۱**) همبستگی بالایی داشت.

نتیجه گیری: در تیمارهای مختلف دور آبیاری، شاخص بهره‌وری آب بین ۰/۲٤ تا ۰/٦۲ کیلوگرم بر مترمکعب کینوا متغیر بود. بر اساس این شاخص، مقادیر بهینه دور آبیاری کینوا و حجم آب مصرفی توسط سیستم قطره‌ای (تیپ) به ترتیب در حدود ۱٤ روز و ٤۳۵۰ مترمکعب در هکتار به دست آمد که در شرایط مشابه با این پژوهش، قابل توصیه می‌باشد.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، اجزای عملکرد، حجم آب مصرفی، کینوا

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Irrigation Frequency on Yield and Yield Components of Quinoa (*chenopodium quinoa*) under Saline Condition

Hossein Beyrami[1*], Mohammad Hassan Rahimian[1], Masoumeh Salehi[1], Rostam Yazdani Biouki[1], Mahdi Shiran-Tafti[1], Majid Nikkhah[1]

Received: March 11, 2020 Accepted: June 27, 2020
1-National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
*Corresponding Author Email: beyrami.h@hotmail.com

Abstract

Background and Objective: This study was done to investigate the effects of different irrigation frequency with tape system on quinoa yield and yield components in spring at Yazd.

Materials and Methods: The experiments were conducted as a randomized complete block design with different irrigation frequency (3, 7, 10, 14, 17 and 20 days) and in three replications. Electrical conductivity of irrigation water was 10 $dS.m^{-1}$. At the end of the study, quinoa harvest was done manually and after drying, plant height, panicle length, panicle width, number of branch, number of panicle per plant, 1000-seed weight, dry biomass, grain yield and harvest index were measured and the effect of different irrigation frequency on these parameters were investigated.

Results: The results showed significant effect of irrigation interval on all studied traits except panicle width and number of panicle per plant. The highest biomass (9.7 $ton.ha^{-1}$), seed yield (3.2 $ton.ha^{-1}$) and harvest index (39.14%) were observed in 10, 3 and 3 days irrigation interval, respectively. The lowest biomass (6.8 $ton.ha^{-1}$), seed yield (1.7 $ton.ha^{-1}$) and harvest index (25.2 %) was observed in 20 days irrigation interval. Results of correlation coefficients showed that seed yield was highly correlated with 1000-seed weight ($r = 0.821^{**}$) and Panicle length ($r = 0.711^{**}$).

Conclusion: Water use efficiency of quinoa varied from 0.24 to 0.62 kg m^{-3} at different treatments of applied water. According to this index, the optimum irrigation frequency of quinoa and the applied water volume by the drip irrigation system (tape) were about 14 days and 4350 m^3 ha^{-1}, respectively, which is recommended under conditions similar to the this study.

Keywords: Applied Water, Drip Irrigation, Quinoa, Yield Components

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز به غذا از یک طرف و محدودیت استفاده از منابع آب متعارف و توسعه تدریجی شوری منابع آب و خاک از طرف دیگر سبب شده است که راهکارها و اقدامات پایدار تولید در منابع آب و خاک نامتعارف اهمیت دوچندان پیدا کنند. گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa*) از هزاران سال قبل کشت می‌شده و دانه‌های آن به‌عنوان یک منبع غذایی مهم مورد استفاده قرار می‌گرفته است (کوجا و همکاران ۲۰۱۷). کینوا از خانواده *Chenopodiaceae* بوده و یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری موردنیاز بشر از

www.SID.ir

Archive of SID

طریق کشت در اراضی کم بازده و شور می‌باشد. طبق مستندات موجود، کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری می‌باشد که کشت آن تا سطح شوری آب دریا امکان‌پذیر است (آدولف و همکاران ۲۰۱۳). دانه‌های این گیاه مسطح و گاهی بیضی‌شکل که معمولاً به رنگ زرد کم‌رنگ بوده و دامنه تغییرات رنگ‌های آن می‌تواند صورتی، سیاه و سفید نیز باشد (فائو ۲۰۱۵). گیاه کینوا بیشتر در کشورهای آمریکای جنوبی، آمریکا (کلرادو و کالیفرنیا)، چین، کشورهای اروپایی، کانادا و هند نیز کشت می‌شود (یاکوبسن و همکاران ۲۰۰۹). کینوا به دمای پایین (۸- ^{o}C) (یاکوبسن و همکاران ۲۰۰۵؛ یاکوبسن و همکاران ۲۰۰۷)، خشکی (یاکوبسن و همکاران ۲۰۰۹) و شوری (رافینو و همکاران ۲۰۱۰؛ هاریادی و همکاران ۲۰۱۰؛ روزا و همکاران ۲۰۰۹) متحمل می‌باشد. کینوا یکی از گیاهانی است که در بین شورزیست‌ها دارای خصوصیات برجسته اقتصادی و زراعی بوده و علاوه بر تولید دانه‌های روغنی و پروتئین، از نظر تولید علوفه نیز حائز اهمیت است (فائو ۲۰۱۱). این گیاه دارای توانایی تنظیم پتانسیل آب برگ توسط تجمع یون‌های نمکی در بافت‌های خود بوده که گیاه را قادر به حفظ فشار تورژسانس سلولی و کاهش تعرق در شرایط شور می‌سازد (یاکوبسن و همکاران ۲۰۰۱؛ گومز-پاندو و همکاران ۲۰۱۰).

یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین سؤالات در زمینه کشت کینوا، دوره آبیاری و حجم آبیاری مطلوب برای این گیاه می‌باشد. در نواحی که آب عامل محدودکننده هست، افزایش بهره‌وری آب برای کشاورز بسیار مفیدتر از افزایش محصول می‌باشد (انگلیش ۱۹۹۹)، به عبارت دیگر هدف کم آبیاری، ایجاد پایداری تولید محصول و رسیدن به بالاترین بهره‌وری نسبت به افزایش تولید محصول می‌باشد(ژانگ و اویس ۱۹۹۹). گریتس و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده نمودند که کم آبیاری یک انتخاب ارزشمند برای پایداری در تولید محصول کینوا در نواحی مختلف بولیوی با دوره‌های خشک درون فصلی است. هیریچ و همکاران (۲۰۱٤) آزمایشات مختلفی طی سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ برای بررسی اثر کم آبیاری با استفاده از فاضلاب بر روی چند گیاه از جمله کینوا بررسی نمودند. آنان ٦ سطح آبیاری از ۱۰۰ درصد آبیاری کامل تا ۵۰ درصد آبیاری کامل را اعمال نمودند و در تمامی گیاهان بیشترین بهره‌وری آب و محصول با اعمال کم آبیاری در مرحله رشد رویشی، مشاهده گردید. الگسیبی و همکاران (۲۰۱۷) اثر دورهای مختلف آبیاری (دو بار در هفته، یک‌بار در هفته و یک‌بار در دو هفته) را بر روی رشد و عملکرد محصول کینوا در مصر مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش دور آبیاری، صفات زراعی مانند شاخص برداشت، تعداد دانه و عملکرد محصول (دانه و علوفه) افزایش یافت. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر دورهای مختلف آبیاری (۳، ۷، ۱۰، ۱٤، ۱۷ و ۲۰) بر ارتفاع گیاه، طول و عرض پانیکول، تعداد پانیکول در بوته، قطر ساقه، وزن هزار دانه، عملکرد کل، عملکرد دانه و شاخص برداشت کینوا در کشت بهاره بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی در شهرستان اشکذر استان یزد با مختصات جغرافیایی "۱۰/۶۹ '۰۳ °۳۲ شمالی و "۱۲/۹۷ '۱۴ °۵۴ شرقی انجام گرفت. ابتدا خصوصیات عمومی فیزیکی و شیمیایی در خاک مورد نظر اندازه‌گیری شد (جدول ۱). تیمار آبیاری شامل دورهای آبیاری ۳، ۷، ۱۰، ۱٤، ۱۷ و ۲۰ روز و با در نظر گرفتن نیاز آبشویی بود که در قالب ٦ تیمار مختلف و با ۳ تکرار به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی (جمعاً ۱۸ کرت) انجام شد. آب آبیاری مورد استفاده دارای شوری ۱۰ دسی زیمنس بود که با استفاده از سیستم تیپ در کرت‌ها اعمال و خصوصیات شیمیایی آن اندازه‌گیری و در جدول ۲ آورده شده است. فاصله

www.SID.ir

Archive of SID

خطوط تیپ از هم ۵۰ سانتی‌متر بود و در بین هر دو ردیف کشت یک لوله تیپ تعبیه و کرت‌های آزمایشی در ابعاد سه در هفت متر طراحی شدند. شروع کشت اول اسفند ۱۳۹۶ و تاریخ برداشت ۱۵ خرداد ۱۳۹۷ بود. کشت کینوا (رقم تیتیکاکا) به‌صورت بذری و فاصله خطوط کشت ۲۵ سانتی‌متر (فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر) بود. برای سهولت کنترل و دقت در اندازه‌گیری میزان آب مصرفی، آبیاری‌ها از طریق لوله‌گذاری و نصب هیدرانت در ابتدای هر کرت انجام شد. حجم آب محاسبه شده برای هر تیمار، از طریق کنتورهای حجمی کنترل و به تفکیک اعمال شدند. میزان عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک و علائم کمبود به‌خصوص از نظر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌صورت کودی به خاک اضافه شد. نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت تقسیط در سه مرحله از فصل رشد یعنی قبل از کشت، مرحله غنچه‌دهی و ابتدای مرحله گرده افشانی) و فسفر (سوپرفسفات تریپل) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کشت به خاک اضافه شدند. برداشت کینوا به‌صورت دستی در کوادرات‌های یک متر مربعی در سه تکرار از هر تیمار انجام و ارتفاع بوته، طول و عرض پانیکول، تعداد پانیکول در بوته و قطر ساقه اندازه‌گیری و پس از خشک شدن، وزن دانه، وزن کل اندام هوایی و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفته است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	ECe ($dS.m^{-1}$)	pH	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	پتاسیم (av) ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (av) ($mg.kg^{-1}$)
مقدار	٥٦/٠٠	٢٦/٠٠	١٨/٠٠	١١/٨٣	٨/١٤	٠/٣٦	٠/٠٣	١٧٥	٩/٥٤

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

ویژگی	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Na^+	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}	SAR
			($meq.\ l^{-1}$)								
مقدار	١٠/٠٠	٨/٣٥	٩/٧٠	٢١/١٧	٠/٨٨	٢/٥٥	٨٧/٥٥	٠/٦٥	١٠٤/٧٢	١٠/٩٢	٢٢/٢٨

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که دور آبیاری موجب اختلاف معنی‌دار در تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز عرض پانیکول و تعداد پانیکول در بوته شد ($P<0/05$). الگسیبی و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیقات خود اثر دوره‌های مختلف آبیاری (دوبار در هفته، یکبار در هفته و یکبار در دوهفته) را بر تغییرات رشد و عملکرد محصول کینوا با شوری آب آبیاری ۱/۹۵ دسی‌زیمنس بر متر در مصر را گزارش نمودند. آنان در تحقیق خود افزایش در میزان زیست توده با افزایش فاصله آبیاری از یکبار در هفته به یکبار در دو هفته را مشاهده و بیان نمودند که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تمار آبیاری یکبار در هفته بود. جمالی و همکاران (۲۰۱٦) نیز در تحقیق خود گزارش نمودند که کاهش مقدار آب آبیاری و افزایش شوری سبب تغییر معنی‌دار عملکرد و اجزا عملکرد گیاه کینوا می‌شود.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که دور آبیاری ١٤ و ١٠ روز دارای بیشترین ارتفاع بوته در کشت بهاره بودند و سایر دورهای آبیاری (٣، ٧، ١٧ و ٢٠ روز) با کمترین ارتفاع بوته، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند،

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طوری‌که دور آبیاری ۱٤ روز با افزایش ۲٤ درصد نسبت به دور آبیاری ۷ روز از بالاترین ارتفاع بوته برخوردار بود (شکل ۱-A). طول پانیکول گیاه به‌جز دور آبیاری ۱۷ و ۲۰ روز کمترین مقدار را داشت و در سایر دورهای آبیاری (۳، ۷، ۱۰ و ۱٤ روز) بدون اختلاف معنی‌دار سبب تولید بیشترین طول پانیکول شد. دور آبیاری هفت روز با تولید ۱۵/۸ سانتی‌متر از بالاترین مقدار طول پانیکول برخوردار بود. با افزایش دور آبیاری به ۲۰ روز، کاهش ۱۳ درصدی طول پانیکول نسبت به بالاترین مقدار آن مشاهده شد (شکل ۱-B).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر دور آبیاری بر اجزای عملکرد کینوا در کشت بهاره سال زراعی ۹۷-۹۶.

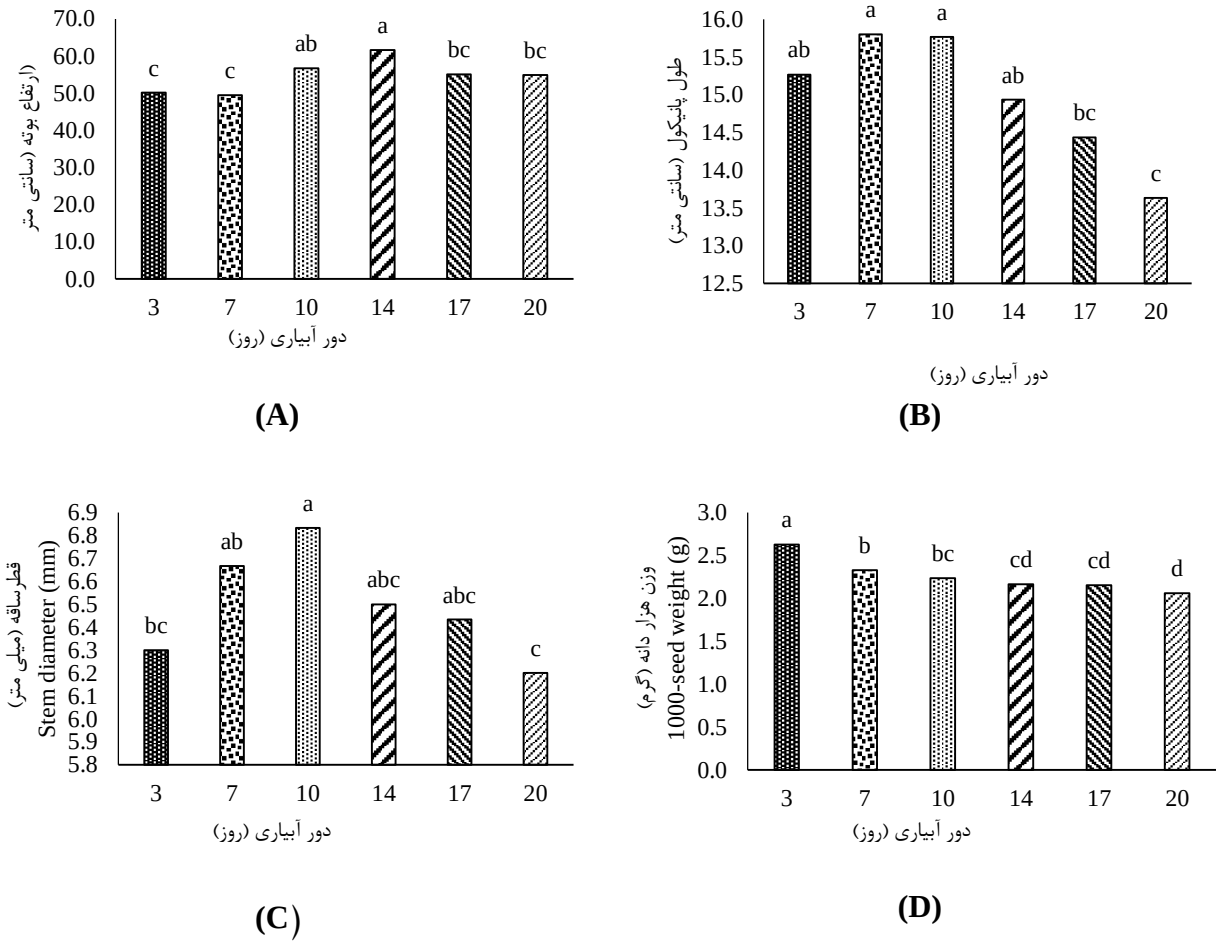
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول پانیکول	عرض پانیکول	تعداد پانیکول در بوته	قطر ساقه	وزن هزار دانه	زیست توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	ns۵/۸۷	ns۰/۰۱	ns۰/۲۵	ns۰/۱۲	ns۰/۰۲	ns۰/۰۰۰۳	ns۰/۰۲	ns۰/۰۰۱	ns۰/۳٤
تیمار	۵	**٦۰/۸۳	*۲/۰۹	ns۰/۳٦	ns۰/۱٦	*۰/۱٦	**۰/۱۲	**۲/٦۱	**۰/۸۱۲	**۸۵/٦۲
خطا	۱۰	۹/٤۳	۰/٤۳	۰/۱۳	۰/۸۱	۰/۰۵	۰/۰۰۳	۰/٤٦۱	۰/۰۱۷	۳/۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۵/٦۲	٤/۳٦	۷/٤۸	۲۲/٦۲	۳/۳۵	۲/۵٦	۷/۸۷	۵/۱۳	۵/۵۷

**,*,Ns به ترتیب معادل معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی دار می باشد.

از نظر قطر ساقه، گیاهان تحت تیمار دورهای آبیاری ۷، ۱۰، ۱٤ و ۱۷ روز اختلاف معنی‌دار نداشته و بالاترین قطر ساقه را دارا بودند و تیمارهای ۳ و ۲۰ روز دور آبیاری پایین‌ترین قطر ساقه را داشتند (شکل ۱-C). در خصوص وزن هزار دانه، دور آبیاری ۳ روز با ۲/٦۲ گرم از بالاترین مقدار برخوردار بود و در دور آبیاری ۲۰ روز، ۲۱ درصد کاهش نسبت به دور آبیاری ۳ روز مشاهده شد (شکل ۱-D). الگسیبی و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیقات خود به تغییرات معنی‌دار اجزاء عملکرد کینوا در اثر دورهای مختلف آبیاری اشاره نموده‌اند. به نظر می‌رسد آبیاری بیش‌ازحد در دورهای آبیاری ۳ روز باعث شستشوی عناصر غذایی در خاک شده و موجب کاهش رشد رویشی (ارتفاع کل و وزن کل اندام هوایی) شد (مک دونالد و دیویس ۱۹۹٦). با توجه به اینکه این گیاه یک گیاه خشکی‌پسند است (بهارگاوا و همکاران ۲۰۰۷) در دورهای آبیاری بیشتر رشد رویشی بهتری داشته است. با این وجود در دورهای آبیاری بالاتر از ۱۰ و ۱٤ روز با ایجاد تنش آبی، موجب کاهش وزن زیست‌توده و ارتفاع گیاه در دورهای آبیاری ۱۷ و ۲۰ روز شده است. ینسن و همکاران (۲۰۰۰) و یاکوبسن و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که مکانیسم‌های متفاوتی از مقاومت به خشکی شامل فرار از خشکی، تحمل و اجتناب از خشکی در گیاه کینوا وجود دارد. در این تحقیق به نظر می‌رسد که در دورهای آبیاری ۱۰ و ۱٤ روز گیاه هم به تنش خشکی مقاومت نشان داده و همچنین عناصر غذایی بیشتری بر خلاف دورهای آبیاری ۳ و ۷ روز، در دسترس گیاه بوده است. در دورهای ۱۷ و ۲۰ روز به علت تنش خشکی مقدار عملکرد و صفات مورفولوژیک تا حدی کاهش یافته است. وزن هزار دانه با افزایش فاصله دورهای آبیاری از ۳ به ۲۰ روز کاهش داشته است (شکل ۱D). (سزن و همکاران ۲۰۱٦) نیز در تحقیقات خود کاهش وزن هزار دانه در اثر کم‌آبیاری را گزارش و بیان کردند که تیمار آبیاری کامل بیشترین وزن هزار دانه را تولید نمود.

www.SID.ir

Archive of SID



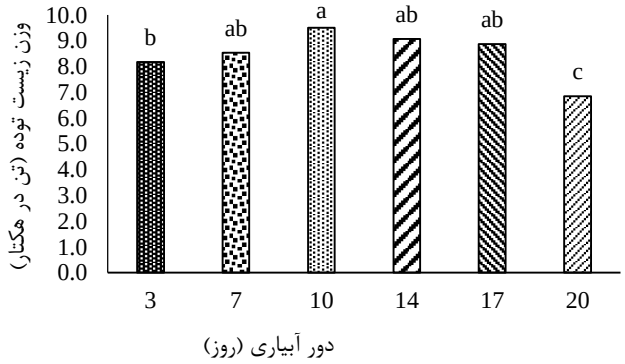
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر دور آبیاری (به روش تیپ) بر ارتفاع بوته (A)، طول پانیکول (B)، قطر ساقه (C) و وزن هزار دانه (D) کینوا در کشت بهاره (میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.)

در بین دورهای آبیاری بیشترین وزن زیست‌توده در دور آبیاری ۱۰ روز مشاهده شد. با افزایش و کاهش دور آبیاری نسبت به دور ۱۰ روز، میزان وزن زیست‌توده کاهش یافت (شکل ۲). به نظر می‌رسد علت کاهش وزن زیست‌توده در دورهای پایین‌تر از دور ۱۰ روز شستشوی عناصر غذایی و در نتیجه کاهش رشد رویشی بود (مک دولاند و دیویس ۱۹۹۶). کمترین میزان وزن زیست‌توده در دور آبیاری ۲۰ روز مشاهده گردید که دلیل آن می‌تواند ایجاد تنش در اثر افزایش فاصله آبیاری باشد، اما بین تیمارهای ۷، ۱۰، ۱۴ و ۱۷ روز از نظر وزن زیست‌توده اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) مشاهده نشد. الگسیبی و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش در وزن زیست‌توده تا دور آبیاری ۱۴ روز را در تحقیقات خود گزارش نمودند. در مقایسه آبیاری کامل با کم‌آبیاری می‌توان گفت که، با توجه به خشکی‌پسند بودن کینوا، آب مورد نیاز این گیاه کم بوده و می‌تواند تحت تنش آب بدون تأثیر قابل توجه بر عملکرد، رشد کند. مطالعات قبلی نشان داد که گیاه کینوا دارای چندین سازوکار مقاومت به خشکی می‌باشد: فرار از خشکی (از جمله افزایش طول چرخه رشد در پاسخ به خشکی در مراحل اولیه رشد و بلوغ زودرس در پاسخ به خشکی در مراحل بعدی رشد)، تحمل (از طریق ارتجاع‌پذیری بالای بافت‌ها و پتانسیل اسمزی پایین) و اجتناب (از طریق سیستم ریشه‌ای عمیق متراکم، کاهش

www.SID.ir

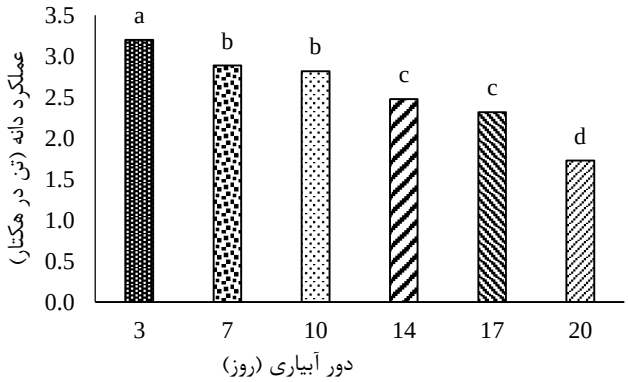
Archive of SID

سطح برگ، غدد ویزیکولار، سلول‌های کوچک و ضخیم دیواره که حفظ ترژسانس و رفتار پویای سلول‌های روزنه) (ینسن و همکاران ۲۰۰۰؛ یاکوبسن و همکاران ۲۰۰۳) که آن را مناسب برای کشت با منابع کم‌آبی می‌کند که ویژگی برجسته در مناطق مورد مطالعه است.



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن زیست توده کینوا در سطوح دور آبیاری (به روش تیپ) در کشت بهاره

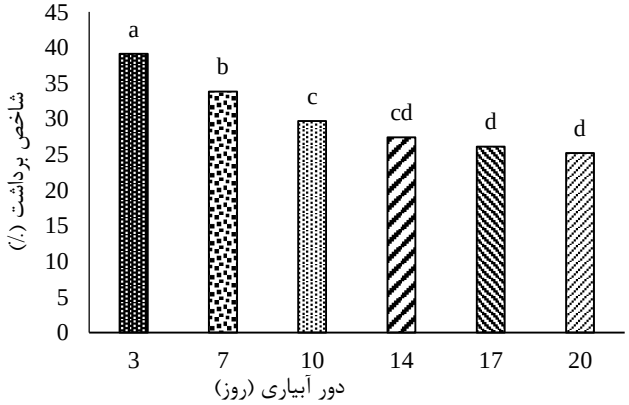
در شکل ۳ مشاهده می‌شود که با افزایش دور آبیاری میزان عملکرد دانه کاهش یافته، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۳ روز آبیاری به میزان ۳/۲ تن در هکتار و کمترین عملکرد دانه در تیمار ۲۰ روز و به میزان ۱/۷ تن در هکتار مشاهده شد. این افت به علت کاهش وزن هزار دانه بود که با افزایش فاصله دور آبیاری مقدار آن از ۲/٦۳ به ۲/۰٦ گرم رسید. در دور آبیاری ۱۰ روز میزان ۸۷ درصد عملکرد حداکثر در شرایط شور با آبیاری تیپ به دست آمد و به ازای تأخیر در هر روز آبیاری عملکرد ۲/٤ درصد و در نهایت در دور آبیاری ۲۰ روز عملکرد ٤٦ درصد کاهش یافت. با افزایش دور آبیاری شاخص برداشت کینوا در شرایط شور کاهش و از ۳۹/۱٤ درصد در دور آبیاری ۳ روز به ۲۵/۲۲ درصد در دور آبیاری ۲۰ روز رسید (شکل ٤). بین دو تیمار روز آبیاری ۱۰ و ۱٤ روز اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) مشاهده نشد. دلیل کاهش شاخص برداشت نیز می‌تواند کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به وزن زیست‌توده با افزایش دور آبیاری باشد.



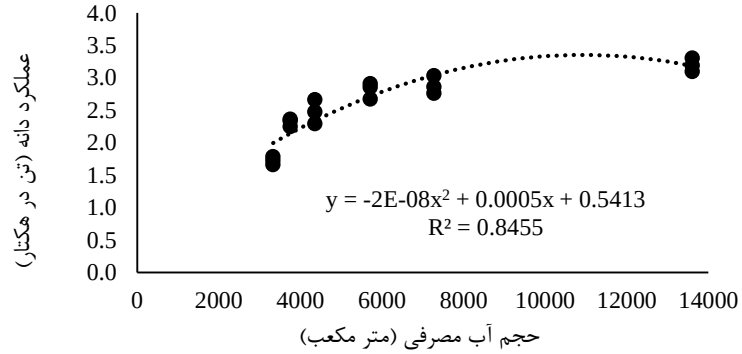
شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه کینوا در سطوح دور آبیاری (به روش تیپ) در کشت بهاره

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص برداشت کینوا در سطوح دور آبیاری (به روش تیپ) در کشت بهاره



شکل ۵- روند تغییرات عملکرد دانه کینوا در حجم‌های متفاوت آب آبیاری با استفاده از مدل غیر خطی

نتایج تجزیه رگرسیون غیر خطی حجم آب آبیاری در مقابل عملکرد دانه نشان داد که با افزایش حجم آب آبیاری (کاهش دور آبیاری) مقدار عملکرد دانه افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) یافت (شکل ۵). با قرار دادن مقدار حجم آب مصرفی در معادله مربوط در شکل ۵ می‌توان مقدار عملکرد را در مزرعه پیش‌بنی نمود.

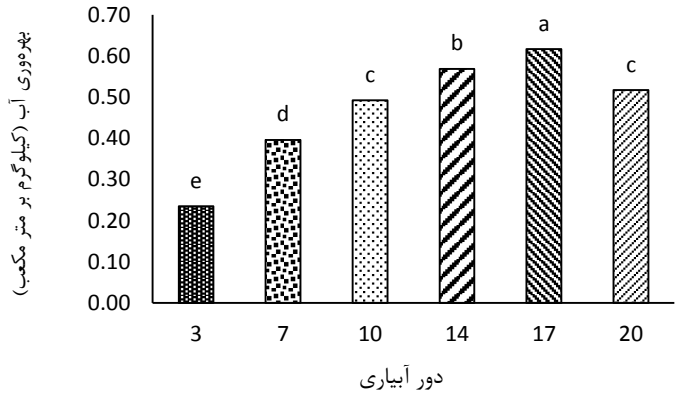
شاخص بهره‌وری آب بر اساس اندازه‌گیری‌های حجم آب مصرفی و عملکرد دانه در هر دور آبیاری در شکل ٦ آورده شده است. حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف از ۳۳۰۰ متر مکعب بر هکتار در دور آبیاری ۲۰ روز تا ۱۳٦۰۰ متر مکعب بر هکتار در دور آبیاری سه روز متغیر بود. بر اساس اندازه‌گیری‌ها و محاسبات انجام شده، شاخص بهره‌وری آب کینوا (WUE) بین ۰/۲٤ تا ۰/٦۲ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. شکل ٥ نشان می‌دهد که بیشترین کارایی مصرف آب در دور آبیاری ۱۷ روز و کمترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار ۳ روز مشاهده گردید.

ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با طول پانیکول ($r=۰/۷۱^{**}$)، وزن هزار دانه ($r=۰/۸۲^{**}$) و عملکرد زیست‌توده ($r=۰/۵۲^{*}$) همبستگی مثبت داشت (جدول ٤). بنابراین به‌نظر می‌رسد طول پانیکول در گیاه کینوا یکی از صفات مهم در افزایش عملکرد دانه می‌باشد. همچنین وزن زیست‌توده دارای همبستگی مثبت با قطر ساقه ($r=۰/٦۱۳^{**}$)، طول پانیکول ($r=۰/٦۰^{**}$)، تعداد ساقه فرعی ($r=۰/۵٦۳^{*}$) و عرض

www.SID.ir

Archive of SID

پانیکول ($r=۰/٤۸^{*}$) داشت. شاخص برداشت دارای همبستگی منفی با ارتفاع گیاه ($r= -۰/٦٦^{**}$) و همبستگی مثبت با وزن هزار دانه ($r=۰/۹۳^{**}$) و عملکرد دانه ($r=۰/۸٤^{**}$) داشت. در بین صفات مورفولوژیک، ارتفاع گیاه با وزن هزار دانه همبستگی منفی ($r= -۰/٥٥^{**}$) معنی‌دار داشت. قطر ساقه با طول پانیکول و تعداد ساقه فرعی دارای رابطه مثبت و معنی‌داری بود.



شکل ۶- مقایسه میانگین بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف در کشت بهاره کینوا

جدول ۴- مقادیر ضرایب همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه کینوا

	ارتفاع بوته	طول پانیکول	عرض پانیکول	تعداد ساقه فرعی	قطر ساقه	وزن هزار دانه	عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت
ارتفاع بوته	۱								
طول پانیکول	-۰/۱۱۹^{ns}	۱							
عرض پانیکول	۰/۳۷۳^{ns}	-۰/۱۵۲^{ns}	۱						
تعداد ساقه فرعی	۰/۳۰۲^{ns}	۰/٤٤۸^{ns}	۰/۰۸۳^{ns}	۱					
قطر ساقه	۰/۱۳۲^{ns}	۰/٥٥٥*	۰/۲۳۰^{ns}	۰/٥۰۱*	۱				
وزن هزار دانه	-۰/٥٤٦*	۰/٤٦٥^{ns}	-۰/۲٦۷^{ns}	۰/۱٦۹^{ns}	-۰/۰۱۸^{ns}	۱			
عملکرد زیست‌توده	۰/٤٦٥^{ns}	۰/٦۰۲**	۰/٤۸۱*	۰/٥٦۳*	۰/٦۱۳**	۰/۰٦۲2^{ns}	۱		
عملکرد دانه	-۰/۳۰۸^{ns}	۰/۷۱۱**	-۰/۰۲۲^{ns}	۰/٤۲٦^{ns}	۰/٤۰۰^{ns}	۰/۸۲۱**	۰/٥۲۱*	۱	
شاخص برداشت	-۰/٦٥۸**	۰/٤٤۷^{ns}	-۰/۳۳۱	۰/۱۳۱^{ns}	۰/۰٥۸^{ns}	۰/۹۲۹**	-۰/۰۲۹^{ns}	۰/۸۳۷**	۱

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که دور آبیاری موجب اختلاف معنی‌دار در تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز عرض پانیکول و تعداد پانیکول در بوته شد. همچنین با افزایش فاصله بین دفعات آبیاری میزان عملکرد دانه کاهش یافت، اما بیشترین وزن زیست توده در دور آبیاری ۱۰ روز مشاهده گردید. حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف این پژوهش بین ۳۳۰۰ تا ۱۳٦۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر بوده که منجر به تولید دانه بین ۱۷۲٤ تا ۳۱۹۷ کیلوگرم در هکتار شده است. با توجه به عملکرد محصول و بهره‌وری آب به‌دست آمده برای هر تیمار، حجم آب و دور بهینه آبیاری کینوا به ترتیب در حدود

www.SID.ir

Archive of SID

۴۳۵۰ مترمکعب در هکتار و برای دور آبیاری ۱۴ روز می‌باشد. با در نظر گرفتن طول دوره رشد این گیاه (حدود ۳/۵ ماه) و دور آبیاری بهینه (حدود ۱۴ روز) و حجم آب مصرفی توسط سیستم آبیاری تیپ (حدود ۴۳۵۰ مترمکعب در هکتار)، نشان می‌دهد نیاز آبی این گیاه در مقایسه با سایر گیاهان زراعی کمتر بوده و برای رسیدن به عملکرد مطلوب و کاهش مصرف آب، برای کشت کینوا دور آبیاری ۱۰ تا ۱۴ روز در شرایط مشابه توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

Adolf VI, Jacobsen SE and Shabala S, 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environmental and Experimental Botany, 92: 43–54.

Algosaibi AM, Badran A E, Almadini AM and El-Garawany MM, 2017. The Effect of Irrigation Intervals on the Growth and Yield of Quinoa Crop and Its Components. Journal of Agricultural Science, 9(9): 182-191.

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

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

FAO, 2011. Quinoa; an acient crop to contribute to world food security. 63p.

FAO and CIRAD, 2015. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013, by D. Bazile, D. Bertero & C. Nieto, eds. Rome.

Go´mez-Pando LR, lvarez-Castro R and Eguiluz-de Ia Barra, A, 2010. Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: a promising crop. Journal of Agronomy and Crop Science, 196: 391–396.

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

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

Hirich A, Choukr-Allah R, Fahmi H, Rami A, Laajaj K, Jacobsen S and El-Omari H, 2014. Using deficit irrigation to improve crop water productivity of sweet corn, chickpea, faba bean and quinoa: a synthesis of several field trials. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 2(1): 15-22.

Jacobsen SE, Quispe H and Mujica A, 2001. An alternative crop for saline soils in the Andes. In: Scientist and Farmer- Partners in Research for the 21st Century. CIP Program Report 1999–2000, pp. 403–408.

Jacobsen SE, Mujica A and Jensen CR, 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa*Willd.) to Adverse Abiotic Factors. Food Reviews International, 19: 99–109.

Jacobsen SE, Monteros C, Christiansen JL, Bravo LA, Corcuera LJ and Mujica A, 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy, 22: 131–139.

Jacobsen SE, Monteros C, Corcuera LJ, Bravo LA, Christiansen JL and Mujica A, 2007. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy, 26: 471–475.

Jacobsen SE, Liu F and Jensen CR, 2009. Does rootsourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Scientia Horticulturae, 122: 281–287.

www.SID.ir

Archive of SID

Jamali S, Sharifan H, Hezarjaribi A and Sepahvand NA, 2016. The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of Quinoa. Journal Of Water And Soil Resources Conservation, 6(1): 87-98. (In Persian).

Jensen CR, Jacobsen SE, Andersen MN, Nuñez N, Andersen SD, Rasmussen L. and Mogensen VO, 2000. Leaf gas exchange and water relation characteristics of fi eld quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. European Journal of Agronomy, 13: 11–25.

Koca YO, Ozmen S, Kucuk C, Oktem N, Ozeroglu A. and Okur FB, 2017. Effects of Different Salt Concentrations on Quinoa Seedling Quality. International Journal of Secondary Metabolite, 4(3, Special Issue 1): 20-26.

McDonald AJS and Davis WJ, 1996. Keeping in touch: Responses of the whole plant to deficits in water and nitrogen supply. Advances in Botanical Research, 22: 229-300.

Rosa M, Hilal M, JGonzalez A and Prado FE, 2009. Low-temperature effect on enzyme activities involved in sucrose–starch partitioning in salt-stressed and salt-acclimated cotyledons of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 47: 300–307.

Ruffino AMC, Rosa M, Hilal M, Gonzalez JA and Prado FE, 2010. The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings growing under salinity. Plant and Soil, 326: 213–224.

Sezen SM, Yazar A, Tekin S and Yildiz M, 2016. Use of dranage water for irrigation of quinoa in a mediterranean environment. 2nd World Irrigation Forum (WIF2) 6-8 November 2016, Chiang Mai, Thailand.

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

www.SID.ir