نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۱۶-۱۰۱

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 101-116

مقاله پژوهشی

تعیین ضرایب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب (Ky) در مدیریت‌های کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه کینوا

آرش تافته*[1] و محمدرضا امداد[2]

چکیده

کم‌آبیاری در شرایط کمبود آب مهم‌ترین استراتژی برای حفظ بهره‌وری آب محصولات است. ازاین‌رو کشت محصولات مقاوم به خشکی مانند کینوا می‌تواند بهره‌وری فیزیکی را در سطح مزرعه افزایش دهد. برای بررسی عملکرد و رشد گیاه کینوا در شرایط کمبود آب نیاز به اطلاعات ضریب واکنش عملکرد گیاه به آب می‌باشد. در این مطالعه گیاه کینوا رقم تی تی کاکا در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ کشت شد. برای بررسی سطوح مختلف آبیاری ۴ تیمار: آبیاری کامل، ۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی، ۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی و ۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک در دوره‌های مختلف رشد گیاه اعمال شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در دو سال زراعی به‌طورکلی دوره رشد اولیه ۲۰ روز، دوره توسعه ۳۰ روز، دوره میانی ۲۸ روز و دوره پایانی ۱۲ روز اندازه‌گیری شدند. حساس‌ترین دوره رشد در گیاه کینوا دوره میانی با ضریب حساسیت ۰/۸۸ تعیین شد. به‌طور متوسط با مصرف ۲۵۶۳ مترمکعب آب بهره‌وری بیشینه‌ای حدود ۱/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب خواهد داشت. به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهد که این گیاه نسبت به کم‌آبیاری مقاومت بالایی داشته و ازاین‌رو می‌توان این گیاه را در مناطقی که دارای کمبود آب هستند کشت نمود و عملکرد مناسبی را در شرایط تنش آبی انتظار داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، ضریب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب (Ky)، دوره فنولوژی، کینوا

مقدمه

کشت کینوا در ایران جدید و درحال‌توسعه بوده و تاکنون در ایران تحقیقات گسترده‌ای بر روی آن انجام‌نشده است و مراحل حساس رشد و ضرایب حساسیت گیاه به آب و مدیریت آبیاری آن در شرایط محدودیت آب تعیین و مشخص نگردیده است. کینوا یک گیاه مقاوم به خشکی و شوری معرفی‌شده است که در شرایط مختلف خاک و اقلیم قابلیت رشد و تولید محصول را دارد. کینوا یک گیاه یک‌ساله بوده که جزو گیاهان دارویی (بدون گلوتن) قلمداد می‌شود. کینوا یک غذای ارزشمند بوده و به‌سلامت جامعه کمک می‌نماید. کینوا سرشار از پروتئین و یک جایگزین مناسب برای گیاه برنج ازنظر ارزش غذایی می‌باشد این گیاه منبع غنی از آهن، پروتئین، منیزیم، فیبر، فسفر و ویتامین D می‌باشد. با توجه به اهمیت کینوا به عنان یک گیاه زراعی مقاوم به خشکی و شوری و همچنین وسعت ر به افزایش زمین‌های شور و نیز با توجه به کاهش و کمبود منابع آب کشور و نیز کاهش کیفیت آن، ضروری است با توجه به ارزش غذایی این گیاه بر روی موضوعات نیاز آبی، ضرایب حساسیت گیاه به آب و تعیین مراحل حساس گیاه کینوا به آب و نیز مناسب‌ترین مدیریت آبیاری آن در شرایط با و بدون محدودیت آب در مناطق مورد توصیه کشت کینوا تحقیقات جامعی به‌منظور ارائه و توسعه کشت این محصول انجام پذیرد. کمبود آب یکی از اصلی‌ترین محدودیت های رشد، بهره وری و سازگاری گیاهان است. در مناطق خشک و نیمه خشک جهان کمبود منابع آب و نامنظم

[1] استادیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (*نویسنده مسئول (arash_tafteh@yahoo.com

[2] دانشیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۱
DOR: 20.1001.1.24764531.1400.8.2.9.5

بودن بارش ها پایداری تولید محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مناطق دارای منابع کمیاب آب شیرین و افزایش تقاضای غذا برای جمعیت رو به رشد موجب می‌شود. مدیریت همراه با تولید محصولات مقاوم در برابر محدودیت های آب وهوا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شود. ازاین‌رو کشت گیاهان مقاوم یکی از عوامل کلیدی مدیریتی برای تولید پایدار می‌باشد. کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری مانند کینوا می تواند بهره وری را در سطح مزرعه افزایش دهد و معیشت در مناطق مستعد خشک‌سالی و مستعد شوری را در حد مطلوبی ارتقا دهد. (Yazar and İncekaya,2014). با توجه به کیفیت تغذیه‌ای استثنایی و توانایی رشد در محیط‌های حاشیه‌ای، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، کینوا را به عنوان یکی از محصولاتی که نقش مهمی در تضمین آن ایفا می کند، معرفی کرده است. تا جایی که سال ۲۰۱۳ را به‌عنوان "سال کینوا" نام‌گذاری کردند (Choukr-Allah et al., 2016). کینوا به‌خوبی برای رشد در شرایط نامساعد خاک و شرایط آب‌وهوایی سازگار است. منحصربه‌فرد بودن آن در ویژگی قوی آن به تحمل بالای سرما، شوری خاک و خشک‌سالی است (Hinojosa et al., 2018). تولید کینوا می توان امنیت غذایی کمک می کند و پتانسیل بالایی برای افزایش امنیت غذایی در کشور دارد همچنین در منطقه مدیترانه و سایر نقاط جهان درحال‌توسعه قابل‌کشت و توسعه است (Hinojosa et al., 2019). گیاه کینوا از ۷۰۰۰ سال پیش در مناطق پرو، بولیوی کشت‌شده است. بر اساس گزارش فائو در سال ۲۰۱۱، ۶۹۰۰۰ تن دانه کینوا تولیدشده است (متوسط ۰٫۸ تن در هکتار) این گیاه سازگاری مناسبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته و از مناطقی با ارتفاع کم (سطح دریا) تا مناطقی با ارتفاع ۴۰۰۰ متر از سطح دریا کاشته می‌شود. کینوا را می‌توان در تناوب با گیاهان سیب‌زمینی، جو و در برخی از اوقات با گندم و ذرت در مناطق کم ارتفاع کاشت (christiansen et al, 2010). توسعه مراحل فنولوژیکی وابسته به واریته کینوا بوده و تنش آب تأثیر بر مراحل فنولوژیکی دارد (Geerts et al.,2008c).

برای مدیریت کم‌آبیاری و بررسی آثار آن نیاز به ضریب واکنش عملکرد گیاه در شرایط مختلف در دوره‌های مختلف رشد می‌باشد؛ که از اهمیت بالایی در بررسی واکنش گیاه نسبت به کم‌آبیاری برخوردار است. در تحقیقات جدیدی که بر روی کینوا با رژیم‌های مختلف آبیاری در آبیاری سطحی و زیرسطحی انجام‌شده است مقادیر ضریب واکنش گیاه کینوا در محدوده ۰/۶۶ تا ۰/۸۹ گزارش‌شده است و نشان می‌دهد که این گیاه نسبت به کم‌آبیاری مقاوم بوده و می‌توان در مدیریت کم‌آبیاری در شرایط کمبود آب در الگوی کشت از آن بهره برد (Bozkurt et al., 2021).

غالب کشت کینوا در مناطقی انجام می‌شود که با محدودیت منابع آب مواجه می‌باشند و به‌ندرت کشت کینوایی می‌توان یافت که در شرایط آبیاری کامل باشد. برخی از تحقیقات نشان داده است که عملکرد کینوا در شرایط آبیاری کامل اندکی بیشتر از کینوایی است که در شرایط کم‌آبیاری بوده است (Geerts et al.,2008 a, b). یکی از مهم‌ترین کاربردهای تعیین ضرایب حساسیت گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری و تخصیص آب می‌باشد که اگر این اطلاعات به‌درستی در اختیار کارشناسان امر قرار گیرد می‌توان بسیار حائز اهمیت باشد و نتایج را مورد تأثیر قرار دهد (Tafteh et al., 2014a) تا جایی که قبل از بررسی سامانه تخصیص نیاز آبی لازم است تا ضرایب حساسیت گیاه در تنش آبی به‌صورت دقیق واسنجی و صحت سنجی شوند (Tafteh et al., 2014b). در مدل‌های امروزی نیز توابع تولید پیشرفته بر اساس ضرایب حساسیت گیاه مقادیر کاهش عملکرد را در سناریوهای مختلف شبیه‌سازی می‌نمایند (Raes et al.,2006). در مدل پیشرفته آکواکراپ نیز این ضرایب بر اساس اصلاحات پاسکوئله و نسبت شاخص برداشت در مقیاس زمانی روزانه بسیار کاربردی و تعیین‌کننده هستند (Raes et al.,2017).

بهره‌وری مصرف آب کینوا به علت محدودیت منابع آب و شرایط تغذیه‌ای پایین بوده و در حدود ۰٫۳ تا ۰٫۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش گردیده است (Geerts et al.,2009). کینوا گیاهی مقاوم به تنش آبی بوده و تنش آب در مراحل اولیه سبزینه‌ای موجب طولانی شدن دوره رشد گیاه کینوا می‌گردد تا گیاه بتواند کاهش رشد خود را در صورت تأمین آب جبران نماید

(Jacobsen et al., 2003). واریته های مختلف کینوا مقاومت‌های مختلفی نسبت به تنش آبی از خود نشان می‌دهند (Bois et al., 2006). نتایج تحقیقات انجام‌شده در کلرادو آمریکا در خصوص کاربرد کود نیتروژن نشان داد که با مصرف ۱۷۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار عملکرد کینوا تا ۴,۵ کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد (Oelke al., 1992).

کینوا در مقایسه با ذرت، برنج و یا حتی گندم از ارزش غذایی بالایی (پروتئین تا ۲۰ درصد) برخوردار است (Alvarez-jubete et al., 2009). کینوا یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری موردنیاز از طریق کشت در اراضی کم بازده و باکیفیت آب پایین می‌باشد. اگرچه عملکرد بالا (حدود ۵/۴ تن در هکتار) برای واریته های کینوا در شرایط مناسب آبیاری و حاصلخیزی (بدون تنش) گزارش گردیده است ولی عملکرد این گیاه در شرایط دیم به‌طور متوسط حدود ۰/۸۵ تن در هکتار کاهش می‌یابد. شاخص برداشت کینوا در شرایط مزرعه‌ای حدود ۰/۳ تا ۰/۵ گزارش گردیده است (Steduto et al. 2012).

ازآنجایی‌که یکی از اهداف مهم در کشاورزی پایدار با توجه به بحران منابع آبی، افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌باشد لذا استفاده از تکنیک‌هایی جهت رسیدن به این مهم ضروری است. با توجه به کمبود آب‌های باکیفیت، بیش‌ازپیش استفاده از آب‌های نامتعارف موردتوجه است. به‌منظور بررسی اثر آبیاری باکیفیت‌های مختلف آب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca در آزمایشی شامل آب شهری، پساب استخر ماهی، پساب شهری و آب‌شور موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار موردبررسی بر تعداد برگ، وزن‌تر و خشک اندام هوایی، قطر ساقه، شاخص سبزینگی و سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و نتایج نشان‌دهنده اثر منفی شوری بر روی کلیه صفات موردبررسی بود، از طرفی استفاده از پساب استخر ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری منجر به افزایش کلیه خصوصیات گیاه کینوا شد (جمالی و انصاری، ۱۳۹۹).

در تحقیق دیگر که در شرایط بدون تنش بررسی‌شده است وزن هزار دانه کینوا در محدوده ۲/۱ تا ۶ گرم تغییر می‌کند. بر اساس واریته های مختلف طول دوره از زمان ظهور تا رسیدگی فیزیولوژیکی بین ۱۰۰ تا ۲۳۰ روز گزارش گردیده است. کینوا یک گیاه مقاوم به خشکی بوده که در برخی مناطق نیمه‌خشک به‌صورت دیم کاشته می‌شود (Rojas,2003).

بررسی اثر تنش‌های آبی دوره‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کینوا (Chenopodium quinoa Wild) نشان داده است که تنش‌های آبی دوره‌ای در سطح احتمال یک درصد بر صفات تعداد برگ، تعداد سنبله، طول سنبله، قطر ساقه، ارتفاع بوته، شاخص سبزینگی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب و در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد شاخه جانبی و عرض سنبله معنی‌دار شد. همچنین بیشترین میزان وزن هزار دانه (۳/۹۹ گرم)، عملکرد دانه (۲۱/۲ گرم)، ارتفاع (۶۷/۹ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری بدون تنش آبی و بهره‌وری مصرف آب (۲/۱۴ کیلوگرم در مترمکعب) در تیمار تنش در کل دوره رشد مشاهده شد. کاهش آب آبیاری به میزان ۵۰ درصد در تیمارهای رویشی، گلدهی، دانه بستن و کل دوره رشد منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه به میزان ۱۹/۰، ۹/۰، ۴/۵ و ۲۶/۶ درصد و عملکرد دانه به میزان ۱۹/۳، ۱۱/۸، ۷/۵ و ۲۱/۲ درصد شده است (جمالی و همکاران، ۱۳۹۸).

کم‌آبیاری کینوا تأثیر چندانی بر عملکرد نداشته و در قالب تحقیقات انجام‌شده (بر اساس شرایط اقلیمی) توصیه گردیده است. در تحقیقی دیگر عملکرد کینوا با مصرف ۲۰۸ میلی‌متر آب حدود ۴/۱ تن در هکتار گزارش‌شده است (Oellke et al, 1992). همچنین گزارش گردیده است که تنش آب موجب کاهش ۵۰ درصدی ارتفاع گیاه و کاهش ۱۸ درصدی عملکرد محصول شده است (مامدی و همکاران، ۱۳۹۶). کینوا گیاهی سه کربنه بوده و بدون گلوتن می‌باشد که جزو گیاهان دارویی و ارزشمند ازنظر غذایی قلمداد می‌گردد (جمالی و همکاران، ۱۳۹۵). در ایران کینوا در مناطق خوزستان، کرمان، البرز و سیستان و بلوچستان در محدوده شهریور و مهرماه کاشته می‌شود. عملکرد کینوا در خوزستان حدود ۲/۵ تا ۳ تن گزارش گردیده است.

بررسی آبیاری به روش آبیاری بخشی کینوا نشان داده است که با کاهش ۵۰ درصد میزان آب آبیاری از تیمار FI به تیمار

PRD، وزن هزار دانه ۹/۱ درصد کاهش‌یافته، بیشترین و کمترین وزن هـزار دانـه گیـاه بـه ترتیـب ۴/۰ و ۳/۶ گـرم در بوتـه در تیمارهای FI و PRD به‌دست‌آمده است. عملکرد دانـه بـا تغییـر مدیریت آبیاری از تیمار FI به PRD، 2/10درصد کاهش داشـته است. بیشترین و کمترین عملکـرد دانـه (۲۰/۲ و ۱۸/۴ گـرم در بوته) به ترتیب مربوط به تیمارهای S1 و S2,3 است .تیمار خاک سیلتی رسی با وزن هزار دانه ۴/۱۲ گـرم، دارای وزن هـزار دانـه بیشتری نسبت بـه خـاک‌هـای لـوم رسـی و لـوم شـنی بـوده و به‌طـورکلی، تـأثیر روش آبیـاری PRD بـر کـاهش مصـرف آب درکشت کینـوا مثبـت بـود و قابـل توصـیه مـی‌باشـد (جمـالی و همکاران، ۱۳۹۹).

بررسی اثر کاربرد نیتروژن و آبیاری با زهاب مزارع نیشکر بـر عملکرد، اجزای عملکرد، مقدار نیتـروژن دانـه و کـارایی مصـرف نیتروژن کینوا (رقم گیزاوان)، نشان داده است که حداکثر شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، شاخص برداشت و مقدار نیتروژن دانـه کینوا با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار حاصل‌شده و حـداکثر وزن هـزار دانـه در تیمـار آبیـاری کـارون (۲/۷۷ گـرم) مشاهده شد .کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتـروژن در هکتـار همـراه بـا آبیاری یک‌درمیـان سـبب بهبـود شـاخص سـطح بـرگ (۵۱٪)، عملکرد دانه (۷۹٪)، شاخص برداشـت (۶۰٪)، محتـوی نیتـروژن دانه (۶۱٪) و نهایتاً افزایش راندمان مصرف نیتـروژن گردیـد. در تیمار آبیاری با زهاب نیشکر، افزایش سطح نیتروژن خاک نه‌تنهـا اثرات نامطلوب شوری را تعدیل نکرد، بلکه سبب کاهش محتوی نیتروژن دانه نیز گردید. به‌طـورکلی نتـایج مطالعـات نشـان داده است که با مصرف کود نیتروژن کافی می‌تـوان تـا حـدی اثـرات زیان‌بار شوری بر رشد و عملکرد گیاه کینوا را کاهش داد (پـاپن و همکاران، ۱۳۹۹).

بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح مختلف شـوری بر برخـی شـاخص‌هـای فیزیولوژیـک گیـاه دارویـی کینـوا رقـم Sajama نشان داده است که اثر کـم‌آبیـاری بـر شـاخص سـطح برگ، شاخص سـبزینگی و محتـوای نسـبی آب بـرگ در سـطح احتمال یک درصد و بـر طـول بـرگ و عـرض بـرگ در سـطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر شوری بر شاخص سطح برگ، شاخص سبزینگی، طول برگ، عرض برگ، محتـوای نسـبی آب برگ و وزن مخصوص برگ در سطح احتمال یـک درصـد و بـر طول دمبرگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، همچنـین اثر متقابل کم‌آبیـاری و تـنش شـوری بـر شـاخص سـبزینگی و محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یـک درصـد و عـرض برگ در سطح احتمال پنج درصد معنـی‌دار شـد. همچنـین نتـایج نشان داده اسـت کـه گیـاه کینـوا بـه کـم‌آبیـاری مقـاوم اسـت، به‌طوری‌که کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد تبخیـر از تشت، شاخص سطح برگ و محتـوای نسـبی آب بـرگ را بـه میزان ۲۴/۶ و ۷/۳ درصد کاهش داد. همچنین نتایج حاکی از آن است که گیاه کینوا مقاوم به شوری آب آبیاری بوده، به‌طوری‌کـه افزایش اختلاط آب دریـا بـه میـزان ۳۰ درصـد بـا تیمـار شـاهد اختلاف معنی‌داری در تمامی صفات نداشت. از طرفـی مـی‌تـوان نتیجه گرفت که با اعمال مدیریت مناسب در مزرعه، استقرار این گیاه را در شرایط وجود آب‌وخاک شور تضمین نمـود (شـریفان و همکاران، ۱۳۹۷).

کینوا گیاهی باارزش غذایی مطلوب و پتانسیل رشـد و تولیـد در شرایط نامساعد محیطی می‌باشد که در برابـر شـوری تحمـل بالایی دارد. استفاده مجدد از زهاب کشاورزی یک روش طبیعـی و مهم در مدیریت زهاب مـی‌باشـد کـه موجـب افـزایش درآمـد کشاورزان، تولید پایدار و امنیت غذایی خواهد شد.

در مطالعه‌ای اثر آبیاری با زهاب بـر عملکـرد گیـاه کینـوا در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج سطح شوری S1، S2، S3، S4و S5 به ترتیب با شوری دو، ده، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی زیمنس بر متر و سه تکرار در لایسیمترهایی به قطر و ارتفاع ۰/۶ و ۰/۸ متـر در اهواز انجام‌شده است. نتایج این مطالعه نشـان داد کـه در سـطح احتمال یک درصد اثر شوری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، ارتفاع گیـاه و وزن هـزار دانـه معنـی‌دار بـود . افزایش شوری از دو بـه ۴۰ دسـی زیمـنس بـر متـر بـه ترتیـب عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، ارتفاع گیـاه و وزن هزار دانه را به میزان ۶۲، ۹۶، ۹۵، ۵۵ و ۲۰ درصـد کـاهش داد. بیشترین عملکرد دانه ۲/۴۶ تن در هکتار در شوری دو دسی زیمنس بر متر، کمترین مقدار آن ۰/۹۱۴ تن در هکتار در شـوری

۴۰ دسی زیمنس بر متر و در شوری‌های S2، S3و S4 به ترتیب مقادیر ۲/۰۸، ۱/۷۷ و ۱/۳۹ تن در هکتار به‌دست‌آمده آمد (زندی و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی اثر آبیاری با روش تلفیق آب‌شور و آب چاه بر عملکرد و خواص رشدی و بیوشیمیایی گیاه کینوا، نتایج نشان داده است که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر طول و وزن‌تر ریشه، کل کربوهیدرات محلول در برگ و ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر وزن‌تر برگ و ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. آبیاری زیرسطحی با آب‌شور منجر به کاهش وزن‌تر برگ، ساقه و ریشه؛ عملکرد دانه و وزن هزار دانه به میزان ۱۴/۰٪، ۱۲/۱٪، ۴۷/۹٪، ۶/۵٪ و ۵/۶ درصدی شد. آبیاری زیرسطحی با آب‌شور منجر به افزایش کربوهیدرات محلول برگ و ساقه نسبت به تیمار شاهد به میزان ۵۵/۳٪ و ۷۰/۱ درصدی شد. آبیاری یک‌درمیان با آب‌شور و چاه نیز منجر به کاهش وزن‌تر برگ، ساقه و ریشه؛ عملکرد دانه و وزن هزار دانه به میزان ۲۲/۸٪، ۲۳/۷٪، ۳۴/۱٪، ۸/۱٪ و ۷/۷ درصدی شد. همچنین نتایج نشان داده که استفاده از تیمار آب‌شور با شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر در کل دوره رشد به ترتیب منجر به کاهش ۲۰/۸٪ و ۲۰/۰ درصدی عملکرد دانه و وزن هزار دانه شده است (جمالی و انصاری، ۱۳۹۸).

بررسی تأثیر دورهای مختلف آبیاری با روش قطره‌ای (تیپ) بر عملکرد و اجزاء عملکرد کینوا (رقم تی تی کاکا) درکشت بهار در یزد نشان داده است که اثر معنی‌دار حجم آب آبیاری بر کلیه صفات موردبررسی به‌غیراز عرض پانیکول و تعداد پانیکول در هر بوته داشته و 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 (۶/۸ 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 و طول پانیکول همبستگی بالایی داشت. در تیمارهای مختلف دور آبیاری، شاخص بهره‌وری آب بین ۰/۲۴ تا ۰/۶۲ 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 ۱۴ روز و ۴۳۵۰ مترمکعب در هکتار به دست آمد که در شرایط مشابه با این پژوهش، قابل توصیه می‌باشد (بیرامی و همکاران، ۱۳۹۹).

با توجه به محدودیت منابع آب، به‌کارگیری هر راهکاری برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش سطح زیر کشت اهمیت زیادی دارد. یکی از این راهکارها کم‌آبیاری می‌باشد. برای برنامه‌ریزی کم‌آبیاری بهینه لازم است مراحل حساس گیاه به کمبود آب مشخص شوند که در این زمینه محققین زیادی برای گیاهان مختلف تحقیقات گسترده‌ای انجام داده‌اند و نیاز است در هر اقلیم این ضرایب به‌صورت بومی به دلیل اهمیت موضوع در مدیریت آب اندازه‌گیری شوند (Kuschel-Otárola et al.,2020). همان‌طور که مشاهده شد کم‌آبیاری در شرایط کمبود آب یک استراتژی مهم برای حفظ سطح عملکرد محصولات بوده و برای تحلیل رفتار گیاه در شرایط تنش نیاز به تعیین ضریب واکنش عملکرد محصول در شرایط تنش می‌باشد که مستلزم مطالعات مستقیم می‌باشد و ازآنجایی‌که این کار برای گیاه کینوا تاکنون انجام‌نشده است در این مطالعه به تعیین این ضرایب در دوره‌های مختلف رشد پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق برای تعیین مراحل حساس و ضرایب حساسیت گیاه کینوا در شرایط تنش آبی در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک و آب کرج در طول جغرافیایی ۵۰,۹۶ و عرض ۳۵,۷۶ درجه و ارتفاع ۱۲۰۰ متری از سطح دریا انجام شد (شکل ۱). گیاه کینوا مقاومت نسبتاً بالایی نسبت به سرما، خشکی و شوری داشته و قابلیت رشد در کلیه خاک‌ها را دارد. نظر به اینکه در خصوص مراحل حساس و تعیین ضریب حساسیت کینوا به آب در شرایط مختلف کشور اطلاعاتی در دسترس نیست لذا این گیاه موردبررسی قرار گرفت. در خصوص واریته و چگونگی کاشت کینوا (تراکم کشت) مطابق با توصیه‌های موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر از رقم تی تی کاکا[1] استفاده شد.

[1] - Titicaca

شکل ۱- موقعیت مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک و آب و منطقه اجرای طرح کینوا

در کنار نیاز آبی به‌دست‌آمده از تیمار شاهد و نیز مراحل رشد و نمو ۴ گانه گیاه کینوا، حساسیت هر یک از دوره های رشد نسبت به شرایط کم‌آبی بر اساس تیمارهای کم‌آبیاری در دوره‌های رشد چهارگانه فائو تعیین گردید. دراین‌ارتباط چهار سطح آبیاری به صورت آبیاری کامل در سه لایسیمتر حجمی و تیمارهای تنش در سه سطح ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد تخلیه آب قابل‌استفاده در سه تکرار در دوره‌های مختلف رشد گیاه به‌صورت طرح آزمایش کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی است در ۳۶ کرت آزمایشی (به ابعاد ۳ در ۴ متر) در هرسال زراعی اجرا شد (شکل ۲). با توجه به تیمارهای آبیاری رطوبت تا عمق توسعه ریشه (۴۰ سانتی متری) با دستگاه TDR با ۵ حس‌گر دوشاخه به‌صورت قائم ۴۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد و پس از رسیدن رطوبت خاک تیمارها به مقادیر موردنظر بر اساس تیمارهای توضیح داده‌شده، آبیاری کرت‌ها انجام شد. خصوصیات خاک در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جهت کشت در سال اول از رقم تی تی کاکا استفاده شد که رقم مورد تائید موسسه تحقیقات نهال و بذر بود و بذر نیز از این موسسه تحویل و کشت شد. کشت در دهه اول مرداد ۱۳۹۸ انجام و واکاری و کشت مجدد در دهه دوم مرداد ۱۳۹۸ انجام شد. جهت کشت در سال دوم کشت در دهه سوم تیرماه ۱۳۹۹ انجام و واکاری و کشت مجدد در دهه دوم مرداد انجام شد. برای اینکه این دوره جزء نیاز آبیاری محسوب نمی‌شود و در این دوره تنش قابل‌اجرا نیست و در محاسبات، این دوره جهت سبز شدن در نظر گرفته شد و در محاسبات مدنظر قرار نگرفت.

حجم آب آبیاری هر یک از کرت‌های آزمایشی بر اساس سطح کرت و عمق آب موردنیاز محاسبه و با اندازه‌گیری به تیمارها داده شد و خصوصیات آب بکار رفته در جدل ۲ ارائه شد. پس از برداشت و تجزیه‌وتحلیل، نتایج میانگین ضرایب حساسیت به آب گیاه کینوا (Ky) در مراحل مختلف رشد به همراه مراحل حساس به آب با استفاده از رابطه دورنبوس و کاسام در مناطق مختلف تعیین و ارائه گردید:

$$1-\left(\frac{ya}{ym}\right)=Ky(\left(1-\frac{ETa}{ETm}\right) \qquad (۱)$$

که در آن ya: عملکرد واقعی در هر منطقه (کیلوگرم بر هکتار)، y_m: حداکثر عملکرد در حالتی که هیچ‌گونه محدودیتی ازنظر آب برای گیاه وجود نداشته باشد (کیلوگرم بر هکتار)، ET_a: تبخیر تعرق واقعی (میلی‌متر)، ET_m: حداکثر تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر)، K_y: ضریب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب می‌باشد.

همچنین با توجه به عملکرد کینوا در کرت‌های کم‌آبیاری، بهره‌وری مصرف آب تیمارها تعیین و با یکدیگر مورد مقایسه واقع شدند. همچنین برای تعیین شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در تیمارها از رابطه زیر استفاده شد:

$$WP_f = \frac{Y}{NW} \quad (۲)$$

که در آن مقادیر WP_f: شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در مزرعه (کیلوگرم بر مترمکعب)، y: عملکرد در هر تیمار (کیلوگرم بر هکتار) و NW مقدار آب آبیاری برحسب مترمکعب می‌باشد.

دوره‌های رشد چهارگانه به‌دست‌آمده در این تحقیق در جدول ۳ برای هرسال زراعی ارائه شد.

شکل ۲- نمایی از طرح اجراشده در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات خاک و آب

جدول ۱- برخی از مشخصات فیزیک و شیمیایی مزرعه کینوا

عمق خاک	شن	سیلت	رس	بافت خاک	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی
	٪	٪	٪	٪	٪	٪
۰-۳۰	۴۶	۳۰	۲۴	لوم	۲۷	۱۴
۳۰- ۶۰	۴۵	۳۳	۲۲	لوم	۲۵	۱۲

ادامه جدول ۱- برخی از مشخصات فیزیک و شیمیایی مزرعه کینوا

شوری	اسیدیته	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	نیتروژن کل	منیزیم	آهن
دسی‌زیمنس بر متر	-	٪	میلی‌گرم بر کیلوگرم				
۱/۵	۷/۸	۰/۴۸	۱۵/۶	۲۲۲	۰/۰۷	۲۰۶	۴/۳۸
۱/۷	۷/۵	۰/۵۰	۱۵/۵	۲۱۰	۰/۰۵	۲۰۵	۴/۵

جدول ۲- برخی از مشخصات آب آبیاری مزرعه کینوا

بی‌کربنات	کلراید	سدیم	منیزیم	کلسیم	اسیدیته	نسبت جذبی سدیم	شوری دسی زیمنس بر متر
میلی‌گرم بر لیتر					-	-	
۱۱۶	۱۳/۵	۱۲/۶	۴/۹	۵۵/۲	۷/۵	۰/۴۴	۰/۳۹

جدول ۳- دوره‌های فنولوژی اندازه‌گیری شده در مزرعه

	نام دوره	اولیه	توسعه	میانی	پایانی	کل
سال اول	تعداد روز	۲۰	۳۰	۲۵	۱۵	۹۰
سال دوم	تعداد روز	۲۰	۳۰	۳۰	۱۰	۹۰

نتایج و بحث

به‌طور متوسط در دو سال دوره رشد اولیه ۲۰ روز، دوره توسعه ۳۰ روز، دوره میانی ۲۸ روز و دوره پایانی ۱۲ روز اندازه‌گیری شدند که برای تعیین این دوره‌ها از کارشناسان اصلاح نهال و بذر استفاده شد. کل دوره رشد این گیاه در منطقه مشکین‌دشت ۹۰ روز اندازه‌گیری شد که با نتایج دیگران منطبق است (Geerts et al., 2012). بر اساس تیمارهای آبیاری ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد تخلیه آب قابل‌استفاده در خاک تیمارها اعمال شد که نتایج این تنش‌ها در دوره اول رشد در جدول ۴ ارائه‌شده است.

نتایج نشان می‌دهد که کمترین عملکرد در تیمار با مدیریت آبیاری ۷۰ درصد تخلیه آب قابل‌استفاده در دوره اول رشد به مقدار ۳۴۱۶ تا ۳۲۴۵ کیلوگرم در هکتار رخداده است و مقدار عملکرد در تیمار شاهد برابر با ۴۸۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار با تبخیر-تعرق ۲۹۶ میلی‌متر بوده است. برای به دست آوردن ضریب حساسیت در دوره اولیه رشد مقادیر نسبت تبخیر – تعرق در دوره اولیه به مقدار نسبت عملکرد ترسیم شد و نتایج آن در شکل ۳ ارائه‌شده است.

نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد که مقدار ضریب حساسیت در دوره اولیه رشد ۰/۵۹ بوده که نشان می‌دهد گیاه در این دوره مقاومت بالایی را نسبت به تنش آبی از خود نشان داده است. همچنین نتایج تنش آبی در دوره توسعه نیز در جدول ۵ ارائه‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که کمترین عملکرد در تیمار با مدیریت آبیاری ۷۰ درصد تخلیه آب قابل‌استفاده در دوره توسعه به مقدار ۲۱۲۰ کیلوگرم در هکتار رخداده است. برای به دست آوردن ضریب حساسیت در دوره توسعه رشد مقادیر نسبت تبخیر – تعرق در دوره توسعه به مقدار عملکرد ترسیم شد و نتایج آن در شکل ۴ ارائه‌شده است.

نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که مقدار ضریب حساسیت در دوره توسعه رشد به‌طور متوسط ۰/۷۵ بوده که نشان می‌دهد گیاه در این دوره نسبت به دوره اولیه حساس‌تر بوده ولی بازهم مقاومت بالایی را نسبت به تنش آبی از خود نشان داده است. برای بررسی در دوره میانی نیز نتایج در جدول ۶ ارائه شد.

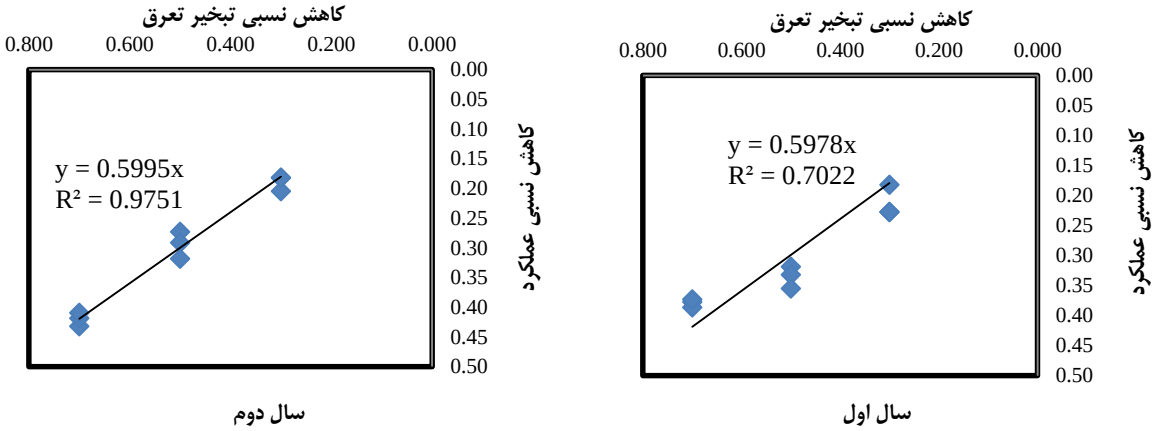
نتایج نشان می‌دهد که کمترین عملکرد در تیمار با مدیریت آبیاری ۷۰ درصد تخلیه آب قابل‌استفاده در دوره میانی رشد به مقدار ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار رخداده است. برای به دست آوردن ضریب حساسیت در دوره میانی رشد مقادیر نسبت تبخیر – تعرق در دوره توسعه به مقدار عملکرد ترسیم شد و نتایج آن در شکل ۵ ارائه‌شده است. نتایج شکل ۵ نشان می‌دهد که مقدار ضریب حساسیت متوسط در دو سال در دوره میانی رشد ۰/۸۸ بوده که نشان می‌دهد گیاه در این دوره نسبت به دوره اولیه و توسعه از حساسیت بیشتری برخوردار بوده ولی بازهم مقاومت مناسبی را نسبت به تنش آبی از خود نشان داده است. برای بررسی در دوره پایانی نیز این نتایج در جدول ۷ ارائه‌شده است.

نتایج نشان می‌دهد که کمترین عملکرد در تیمار با مدیریت آبیاری ۷۰ درصد تخلیه آب قابل‌استفاده در دوره پایانی رشد به مقدار ۳۶۹۱ کیلوگرم در هکتار رخداده است. برای به دست آوردن ضریب حساسیت در دوره پایانی رشد مقادیر نسبت تبخیر – تعرق در دوره توسعه به مقدار عملکرد ترسیم شد و نتایج آن در شکل ۶ ارائه‌شده است. نتایج شکل ۵ نشان می‌دهد که مقدار ضریب حساسیت در دوره پایانی رشد ۰/۴۴ بوده که نشان می‌دهد گیاه در این دوره نسبت به دوره اولیه، توسعه و میانی از مقاومت بیشتری برخوردار بوده و در این دوره کمترین حساسیت را به تنش آبی از خود نشان داده است. برای جمع‌بندی نتایج ضرایب حساسیت در مراحل مختلف و کل دوره رشد در جدول ۸ ارائه‌شده است.

جدول ٤- مقادیر تبخیر-تعرق و عملکرد اندازه‌گیری شده کینوا در مرحله اولیه در سال اول و دوم

نام تیمار	عملکرد دانه کیلوگرم بر هکتار	زیست‌توده کیلوگرم بر هکتار	تبخیر تعرق میلی‌متر	مقادیر آبیاری مترمکعب
	سال اول			
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۵۰۰a*	۴۲۰۰a	۲۹۴	۳۲۶۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۶۵۸b	۳۸۷۵b	۲۸۸	۳۲۰۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۴۱۶c	۳۵۲۳b	۲۸۳	۳۱۵۰
	سال دوم			
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۳۱۶a	۴۰۷۸a	۳۴۱	۳۷۸۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۴۹۱ b	۳۹۱۳b	۲۸۵	۳۱۶۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۲۴۵c	۳۳۰۹b	۲۶۸	۲۹۵۰

*در هر ستون مقادیر دارای حروف مختلف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشته‌اند.

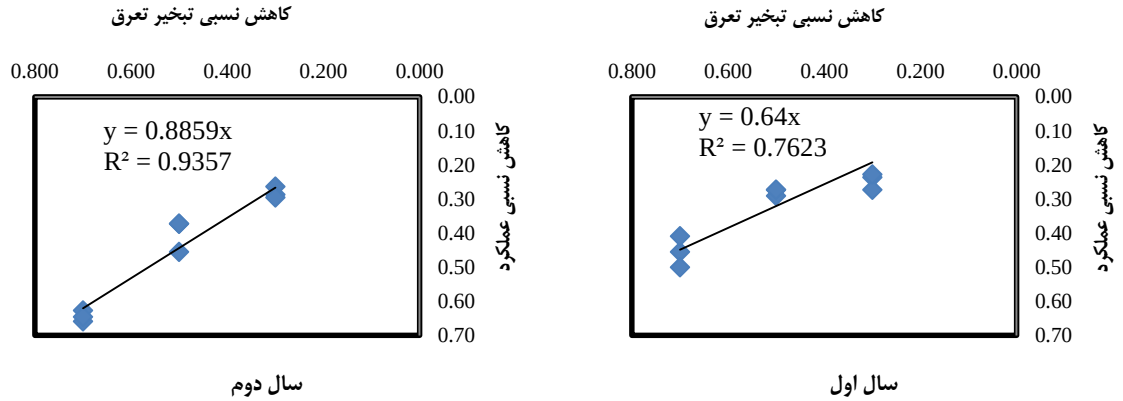


شکل ۳- شیب کاهش نسبی تبخیر-تعرق به کاهش نسبی عملکرد در دوره اولیه در سال اول و سال دوم

جدول ٥- مقادیر تبخیر-تعرق و عملکرد اندازه‌گیری شده کینوا در مرحله توسعه

نام تیمار	عملکرد دانه کیلوگرم بر هکتار	زیست‌توده کیلوگرم بر هکتار	تبخیر تعرق میلی‌متر	مقادیر آبیاری مترمکعب
	سال اول			
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۱۵۰a*	۴۱۳۳a	۲۶۲	۲۹۰۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۹۶۶a	۳۷۱۶a	۲۱۵	۲۴۰۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۰۰۰b	۳۱۲۰b	۱۷۲	۱۹۰۰
	سال دوم			
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۹۵۰a	۳۲۹۱a	۲۸۸	۳۲۰۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۳۰۰ b	۳۲۶۵b	۲۳۰	۲۵۵۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۱۹۵۸ c	۲۹۳۹c	۲۰۰	۲۲۰۰

*در هر ستون مقادیر دارای حروف مختلف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشته‌اند.

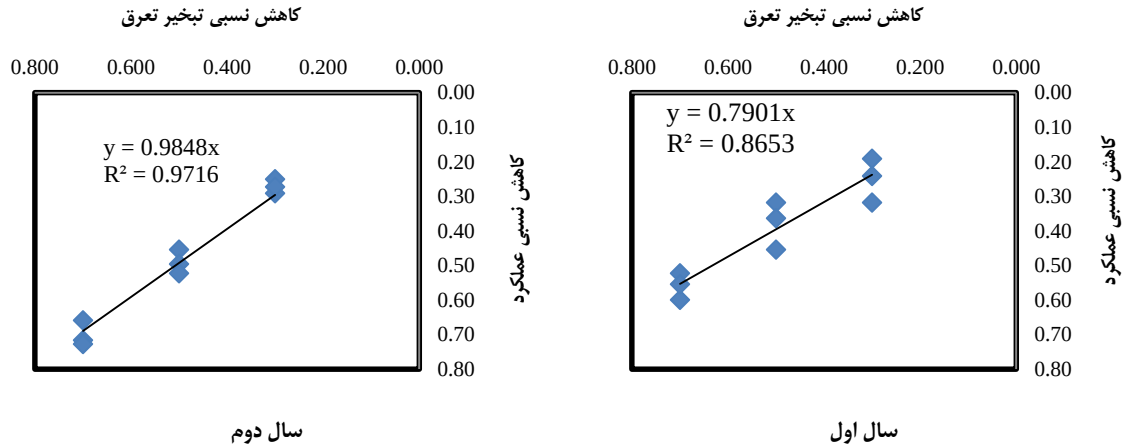


شکل ٤- شیب کاهش نسبی تبخیر-تعرق به کاهش نسبی عملکرد در دوره توسعه در سال اول و سال دوم

جدول ٦- مقادیر تبخیر-تعرق و عملکرد اندازه‌گیری شده کینوا در مرحله میانی

نام تیمار	عملکرد دانه کیلوگرم بر هکتار	زیست‌توده کیلوگرم بر هکتار	تبخیر تعرق میلی‌متر	مقادیر آبیاری مترمکعب
		سال اول		
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۱۲۵a*	۵۰۴۱a	۲۷۴	۳۰۰۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۴۱۶b	۴۳۴۷b	۲۲۷	۲۵۰۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۲۴۲۵c	۳۳۴۸c	۱۸۴	۲۰۰۰
		سال دوم		
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۰۰۰a	۳۲۴۶a	۲۶۰	۲۸۵۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۲۸۰۰b	۲۵۴۷b	۲۴۰	۲۶۵۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۱۶۴۵ c	۲۳۸۷b	۱۹۳	۲۱۴۰

*در هر ستون مقادیر دارای حروف مختلف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشته‌اند.

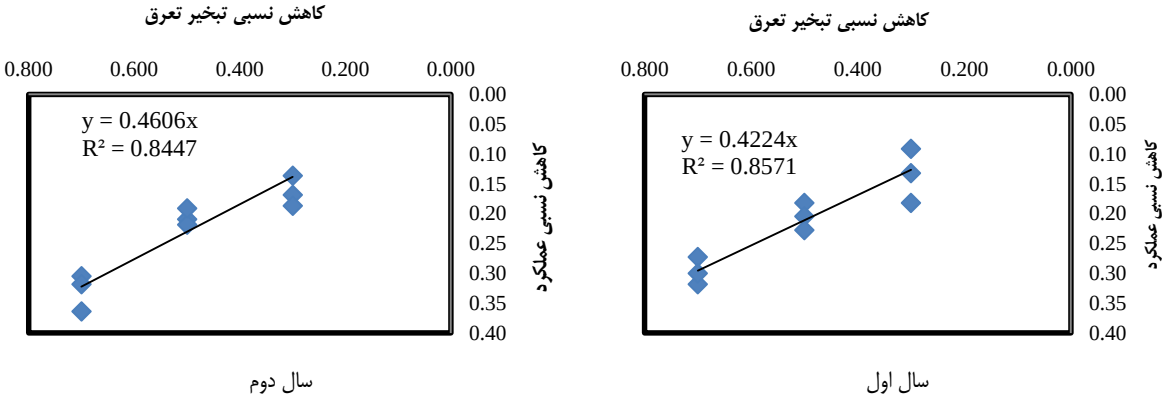


شکل ٥- شیب کاهش نسبی تبخیر-تعرق به کاهش نسبی عملکرد در دوره میانی در سال اول و سال دوم

جدول ۷- مقادیر تبخیر- تعرق و عملکرد اندازه‌گیری شده کینوا در مرحله پایانی

نام تیمار	سال اول			
	عملکرد دانه کیلوگرم بر هکتار	زیست‌توده کیلوگرم بر هکتار	تبخیر تعرق میلی‌متر	مقادیر آبیاری مترمکعب
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۷۵۳a*	۴۷۹۱a	۲۶۶	۲۹۵۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۳۷۵b	۳۲۹۱b	۲۴۶	۲۷۵۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۸۶۶c	۳۰۶۶b	۲۲۶	۲۵۱۱
	سال دوم			
۳۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۶۰۰a	۴۶۷۲a	۳۲۰	۳۵۰۰
۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۴۳۶۶a	۳۲۸۱b	۲۹۰	۳۲۰۰
۷۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی	۳۶۹۱ b	۲۹۷۳b	۲۶۰	۲۸۵۰

*در هر ستون مقادیر دارای حروف مختلف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشته‌اند.



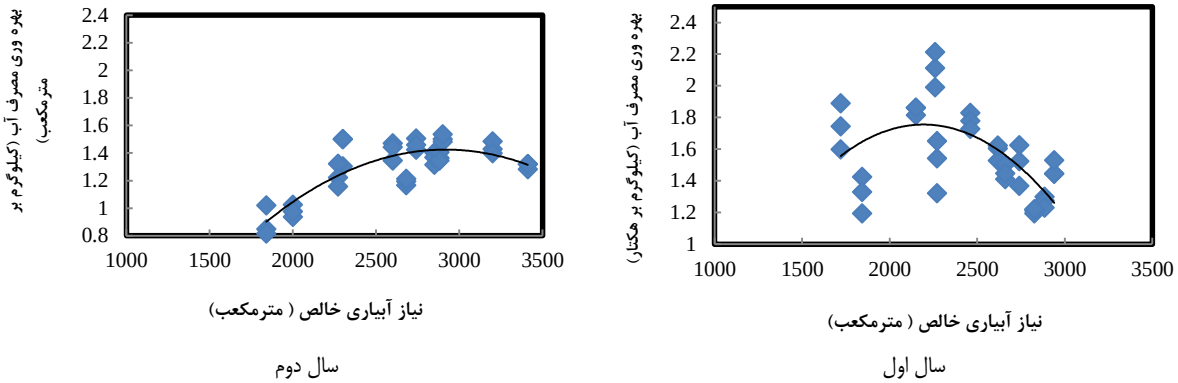
شکل ٦- شیب کاهش نسبی تبخیر-تعرق به کاهش نسبی عملکرد در دوره پایانی در سال اول و سال دوم

جدول ۸- مقادیر ضریب حساسیت گیاه نسبت به تنش آبی در دوره‌های مختلف رشد

سال	دوره رشد	اولیه	توسعه	میانی	پایانی	کل دوره رشد
اول	Ky	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۷۹	۰/۴۲	۰/۷۷
دوم	Ky	۰/۵۹	۰/۸۸	۰/۹۸	۰/۴۶	۰/۷۳
متوسط	Ky	۰/۵۹	۰/۷۶	۰/۸۸	۰/۴۴	۰/۷۵

متوسط نتایج نشان می‌دهد که مقدار ضریب حساسیت این گیاه به تنش آبی بین ۰/۴۴ تا ۰/۸۸ در دوره‌های مختلف رشد متغیر است و با گزارش‌های علمی موجود منطبق است (Bozkurt et al., 2021). در شکل ۷ تغییرات بهره‌وری مصرف آب به ازای نیاز آبیاری خالص در هر دو سال ارائه شد. نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۶ نشان می‌دهد که این گیاه با مصرف ۲۲۶۰ مترمکعب در سال اول و ۲۹۰۰ مترمکعب در سال دوم بیشترین بهره‌وری را داشته است بنابراین به‌طور متوسط با مصرف ۲۵۶۳ مترمکعب آب بهره‌وری بیشینه‌ای حدود ۱/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب خواهد داشت ازاین‌رو این حجم از نیاز خالص آبیاری قابل توصیه می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان نمود که دوره میانی حساس‌ترین دوره نسبت به تنش آبی بوده و در این دوره می‌بایست ازنظر مدیریت آبیاری این گیاه تا حد ممکن با تنش آبی مواجه نگردد. به‌طورکلی گیاه

کینوا نسبت به تنش آبی مقاوم بوده و در نقاطی که دارای مشکل کم‌آبی وجود دارد به‌خوبی می‌توان از این گیاه استفاده نمود.



سال اول

سال دوم

شکل ۷- تغییرات بهره‌وری مصرف آب گیاه کینوا در تیمارهای تنش آبی در سال اول و دوم

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در دو سال زراعی به‌طورکلی دوره رشد اولیه ۲۰ روز، دوره توسعه ۳۰ روز، دوره میانی ۲۸ روز و دوره پایانی ۱۲ روز اندازه‌گیری شدند بنابراین کل دوره رشد این گیاه در منطقه مشکین‌دشت (استان البرز) ۹۰ روز اندازه‌گیری شد. حساس‌ترین دوره رشد در گیاه کینوا دوره میانی با ضریب حساسیت ۰/۸۸ و طول دوره ۲۸ روز تعیین شد. به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهد که این گیاه نسبت به کم‌آبیاری مقاومت بالایی دارد. ازاین‌رو می‌توان این گیاه را در مناطقی که دارای کمبود آب هستند کشت نمود و کشت آن را توصیه کرد؛ و این گیاه می‌تواند بهره‌وری آب مناسبی حدود ۱/۹ با مصرف ۲۵۰۰ مترمکعب به‌صورت خالص داشته باشد لذا با توجه به روش آبیاری و راندمان آبیاری مقدار آب مصرفی آن نیز قابل‌محاسبه خواهد بود.

منابع

بیرامی، ح.، رحیمیان، م.، صالحی، م.، یزدانی، ب.، شیران تفتی، م. و نیکخواه، م. ۱۳۹۹. تأثیر دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا (Chenopodium quinoa) در شرایط شور . دانش کشاورزی وتولید پایدار.۳۰ (۳):۳۴۷-۳۵۷

پاپن، پ.، معزی، ع.ا.، چرم، م. و راهنما، ا. ۱۳۹۹. تأثیر کود نیتروژنه بر برخی صفات رشدی و عملکرد گیاه کینوا (Chenopodium quinoa Willd) در شرایط آبیاری با زه‌آب مزارع نیشکر. تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۵۱ (۶): ۱۴۴۱-۱۴۵۵ doi:10.22059/ijswr.2020.294227.66843

زندی، س.، سلطانی محمدی، ا.، گلابی، منا. و اندرزیان، ب. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر آبیاری با زه آب بر عملکرد کینوا در شرایط آب‌وهوایی اهواز. علوم و مهندسی آبیاری. ۴۳ (۳): ۴۵-۵۲.

جمالی، ص.، انصاری ح. و زین الدین، س. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه زنی و شاخص های رشد دو رقم گیاه کینوا. (Chenopodium quinoa Willd). نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶ (۱): ۸۷-۹۸.

جمالی، ص.، گلدانی، م. و زین‌الدین، س. ۱۳۹۸. بررسی اثر تنش آبی دوره‌ای بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه کینوا رقم (NQRC). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳ (۶): ۱۶۸۷-۱۶۹۷.

جمالی، ص. و انصاری، ح. ۱۳۹۸. اثر کیفیت آب و مدیریت آبیاری روی رشد و عملکرد گیاه کینوا. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳(۳): ۳۳۹-۳۵۱. doi: 10.22092/jwra.2019.12046

جمالی، ص.، شریفان ح.، هزارجریبی، ا. و سپهوند، ن. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه زنی و شاخص های رشد دو رقم گیاه کینوا. (Chenopodium quinoa

Willd). نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶ (۱): ۸۷-۹۸.

شریفان، ح.، جمالی، ص. و سجادی، ف. ۱۳۹۷. بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه کینوا (Chenopodium quinoa Willd). تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله علوم آب‌وخاک. ۲۲(۲): ۲۷-۱۵.

مامدی، آ.، توکل افشاری، ر. و سپهوند، ن. ۱۳۹۶. کمی سازی واکنش جوانه زنی کینوا تحت تأثیر رژیمهای مختلف دمایی و تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۸ (۳): ۶۱۵-۶۲۳.

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K., Gallagher, E. 2009. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. Trends in Food Science & Technology. 21: 106-113.

Bois, J.F., Winkel, T., Lhomme, J.P., Raffaillac, J.P. &Rocheteau, A. 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (Chenopodium

FAO. 2011. FAOSTAT online database. available at link http://faostat.fao.org/. Accessed on December 2011.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui,J. and Taboada, C. 2008a. Introducing deficit irrigation to stablize yields of quinoa (Chenopodium quinoa Willd). European Journal of Agronomy 28: 427-436.

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

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Mendoza, J. and Huanca, R. 2008c. Indicators to quantify the flexible phenology of quinoa (Chenopodium quinoa Willd). in response to drought stress. Field Crops Research. 108:150-156.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Taboada, C., quinoa Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing.European Journal of Agronomy. 25: 299-308.

Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A., Alghory, A., and Tekin, S. 2021. Yield and water productivity response of quinoa to various deficit irrigation regimes applied with surface and subsurface drip systems. The Journal of Agricultural Science. 1-12. doi:10.1017/S0021859621000265.

Choukr-Allah, R., Rao, N.K., Hirich, A., Shahid, M., Alshankiti, A., Toderich, K., Gill, S. and Ur Rahman Butt, K. 2016. Quinoa for marginal environments:toward Future Food and Nutritional Security in MENA and Central AsiaRegions. Frontiers in Plant Science. 7: 346.

Christiansen, J.L., Jacobsen, S. E. and Jrgensen, S. T. 2010. Photoperiodic effect on fglowering and seed development in quinoa (Chenopodium quinoa Willd). Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science. 1-6.

Miranda, R., Cusicanqui, J., Mhizha, T. and Vacher, J. 2009. Modelling the potential for closing quinoa yield gaps under varying water availability in the Bolivian Altiplano. Agricultural Water Management. 96: 1652-1658.

Geerts, S., García, M., Jacobsen, S-E., Vacher, J., Winkel, T., & Bertero, D. 2012. Quinoa. In P. Steduto, T. C. Hsiao, E. Fereres, & D. Raes (Eds.), Crop yield response to water (pp. 230-235 + 2 farvelagte tav.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Irrigation and Drainage Papers Vol. 66

Hinojosa, L., González, J.A., Barrios-Masias, F.H., Fuentes, F. and Murphy, K.M. 2018. Quinoa abiotic stress responses: a review. Plants.7: 106.

Hinojosa, L., Kumar, N., Gill, K.S. and Murphy, K.M. 2019. Spectral reflectance indices and physiological parameters in quinoa under contrasting ırrigation regimes. Crop Science. 59: 1927–1944.

Jacobsen, S.E., Mujica, A. and Jensen, C.R. 2003. The Resistance of Quinoa (Chenopodiumquinoa Willd) to Adverse Abiotic Factors. Food

Reviews International. 19: 99-109.

Kuschel-Otárola, M., Schütze, N., Holzapfel, E., Godoy-Faúndez, A., Mialyk, O. and Rivera, D. Estimation of Yield Response Factor for Each Growth Stage under Local Conditions Using AquaCrop-OS. Water. 2020. 12: 1080. https://doi.org/10.3390/w12041080

Oelke, E.A., Putnam, D.H., Teynor, D.M. and Oplinger, E.S. 1992. Alternative field crops manual–quinoa. USA. University of Purdue.

Raes. D., Greets. E., Wellens. J. and Sahli. A. 2006. Simulation of yield decline as a result of water stress with a robust soil water balance model. Agric. Water Manage. 81: 335-357.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C. and Fereres, E. 2017. Reference manual AquaCrop. FAO. Land and Water Division, Rome. Italy. 25p.

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

Steduto, P., Hsiao C., Hereres, E., AndRaes, D. 2012. Crop yield response to water. fao irrigation and drainage.

Tafteh, A., Ebrahimipak. N. A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014.a.Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Irrigation and Drainage 63 (5): 590-598.

Tafteh, A., Ebrahimipak. N. A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014.b.Determine yield response factors of important crops by different production functions in qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation 20(2): 415-422.

Yazar, A. and İnce Kaya, Ç.2014. A new crop for salt affected and dry agricultural areas of Turkey: quinoa (Chenopodium quinoa Wild). Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. 2: 1440–1446

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 101-116

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۱۶-۱۰۱

Determination of Crop Yield Response Factor (Ky) in Deficit Irrigation Management at Different Stages of Quinoa Plant Growth

A. Tafteh[1*] and M.R. Emdad[2]

Abstract

Deficit Irrigarion in water scarcity is the most important strategy to maintain crop water productivity.Therefore, cultivating drought-resistant crops such as quinoa can increase physical productivity on farm. To evaluate the yield and growth of quinoa in water shortage conditions, information about yield response factor is required. In this study, Quinoa cultivar Titicaca was cultivated in two cropping years of 2020 and 2021. To evaluate different levels of irrigation, four irrigation treatments were applied based on measuring soil moisture in different periods of plant growth, including:full irrigation, 30% Allowable Depletion , 50% Allowable Depletion and 70% Allowable Depletion. Based on the results in the two years, the initial growth period was 20 days, the development period was 30 days, the middle period was 28 days and the final period was 12 days. The most sensitive growth period in quinoa plant was determined as the middle period with a yield response factor of 0.88. On average, with a consumption of 2563 cubic meters of water, the maximum productivity will be about 1.85 kg per cubic meter. In general, the results show that this plant has a high resistance to deficit irrigation and therefore this plant can be grown in areas with water shortage and good performance can be expected in water stress conditions.

Keywords: Growth stage, Quinoa, Yield response factor (Ky), Water stress

[1] Assistant professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (*Corresponding Author Email: arash_tafteh@yahoo.com)
[2] Associated professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Received: 30 Sept 2021
Accepted: 12 Nov 2021