Archive of SID

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۳، بهمن - اسفند ۱۳۹۸، ص. ۱۶۹۷-۱۶۸۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 13, Feb.-Mar. 2020, p. 1687-1697

بررسی اثر تنش آبی دوره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه کینوا (رقم NSRCQ)

صابر جمالی[۱]، مرتضی گلدانی[۲*]، سیده محبوبه زین‌الدین[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش‌های آبی دوره‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کینوا (*Chenopodium quinoa* Wild) آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۷ بر پایه‌ی کشت گلدانی با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل ۵ سطح تنش دوره‌ای آبی (بدون تنش، تنش در دوره رویشی، مرحله گلدهی، مرحله دانه بستن و کل دوره رشد) بود. نتایج این پژوهش نشان داد 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. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار 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 متر مکعب) در تیمار تنش در کل دوره رشد مشاهده شد. کاهش آب آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد در تیمارهای رویشی ، گلدهی، دانه بستن و کل دوره رشد منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه به‌میزان ۱۹/۰، ۹/۰، ۴/۵ و ۲۶/۶ درصد و عملکرد دانه به‌میزان ۱۹/۳، ۱۱/۸، ۷/۵ و ۲۱/۲ درصد شد. با توجه به کمبود منابع آبی در اکثر نقاط کشور اعمال تنش-آبی در مرحله دانه بستن برای آبیاری گیاه کینوا مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، رویشی، دانه‌بستن، کینوا ، گلدهی

مقدمه

کشور ایران از نظر جغرافیایی در کمربند مناطق خشک کره زمین قرارگرفته است، به‌طوری‌که بحران آب یکی از مسائل اساسی این مناطق به‌حساب می‌آید و خشکسالی‌های پی‌درپی در سال‌های اخیر منجر به اعمال فشار زیاد بر روی منابع آب‌های شیرین شده است (Safavi and Esmikhani, 2013). با توجه به محدودیت منابع آب در ایران، اعمال تنش آبی یا کم‌آبیاری روی بعضی از محصولات زراعی امری اجتناب‌ناپذیر است. کم‌آبیاری از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب بوده که طی آن مقدار تنش آبی در طول فصل رشد گیاه اعمال می‌شود. هدف اصلی در کم‌آبیاری افزایش بهره‌وری مصرف آب، با حذف آن قسمت از آب آبیاری است که تأثیر معنی‌داری بر رشد گیاه و عملکرد آن ندارد. در به‌کارگیری کم‌آبیاری، رعایت نکات علمی و مهندسی از ضروریات رسیدن به موفقیت است، زیرا صرفاً با کم آب دادن به گیاه بدون توجه به زمان، مقدار و کیفیت آب آبیاری ممکن است، نه‌تنها سود بیشتری حاصل نشود، بلکه موجب بروز خسارت زیادی بر روی گیاه نیز گردد (شایان‌نژاد و محرری، ۱۳۸۹). با در نظر گرفتن نقش آب در فعالیت‌های کشاورزی در دشت‌های کم آب کشور و تأثیری که کمبود آب بر آن‌ها دارد، می‌توان دریافت که بهترین گزینه برای دوام و پایداری فعالیت‌های کشاورزی در آینده استفاده علمی از آب است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است و تنش خشکی موجب تحت تأثیر قرار گرفتن خصوصیات مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه می‌شود (حیدری و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های محیطی برای بقاء گیاهان در اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های خشک، تنش آبی می‌باشد. تأثیر تنش خشکی بر رشد، فتوسنتز و سایر فرایندهای فیزیولوژی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرارگرفته است، درحالی‌که در مورد مکانیسم‌های فیزیولوژیکی پاسخ گیاهان و توانایی‌های آن‌ها در

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی کارشناسی گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: (Email: Goldani@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

برخورد با استرس خشکی به‌ویژه پاسخ‌های مربوط به ریشه مطالعات کمتری صورت گرفته است (Benlloch-Gonzalez et al., 2015). کمبود آب از مهمترین عوامل محیطی بوده که یکی از عوامل کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا می‌باشد (حیدری و میری آزادمینایی، ۱۳۹۲)، از این‌رو در این پژوهش به بررسی اثر تنش‌های دوره‌ای آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا پرداخته شده است و در ذیل برخی از پژوهش‌های انجام شده بر روی این گیاه ارائه شده است. کینوا با نام علمی(*Chenopodium quinoa Willd.*)، یک گیاه دولپه‌ای با حدود ۹۳ درصد خودگشنی از کوه‌های آند کرانه‌ی غربی آمریکای لاتین (جنوبی) منشأ گرفته است (Jacobsen et al., 2005). این گیاه مقاومت زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیر زنده مانند سرما، شوری و خشکی از خود نشان می‌دهد و همچنین قابلیت رشد در خاک‌های حاشیه‌ای را به خوبی دارا می‌باشد (Jacobsen et al., 2009). کینوا گیاهی یک ساله و دارای شباهت ظاهری و قرابت با علف هرز سلمک یا سلمه‌تره است. کینوا گیاهی است که علاوه بر دانه آن، از برگ گیاهان جوان به‌عنوان سبزی تازه و یا به‌صورت پخته استفاده می‌شود (سپهوند و همکاران، ۱۳۹۴).

در تحقیقی که به‌منظور بررسی اثر تنش‌های دوره‌ای بر روی گیاه کینوا اجرا شد، تیمارهای مورد بررسی شامل تنش در مرحله ۲-۶ برگی، ۱۲-۶ برگی، قبل از گلدهی، گلدهی، شیری شدن دانه، سفت شدن دانه، تنش در کل دوره رشد و بدون تنش بود. نتایج این پژوهش نشان داد که متوسط عملکرد دانه در تیمار تنش در مرحله ۶-۲ برگی بیشترین میزان (۵۳/۵ گرم) و کمترین میزان این صفت در تنش در کل دوره رشد (۱۰/۹ گرم) بود. همچنین این پژوهش نشان داد که بین تیمارهای بدون تنش، تنش در مرحله ۶-۲ برگی و ۱۲-۶ برگی در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته است. در صورت اعمال تنش در مرحله سفت شدن دانه (۳۹ گرم) نیز نسبت به تیمار شاهد (۴۵/۴ گرم) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (Geerts et al., 2006). اقبال و همکاران در پژوهشی به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر روی ۴ ژنوتیپ گیاه کینوا نشان دادند که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی در هر ۴ ژنوتیپ شد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ 2-Want نسبت به سایرین نسبت به تنش خشکی متحمل‌تر بود (Iqbal et al., 2018). در تحقیقی دیگر علی و همکاران نشان دادند که کاهش میزان آب آبیاری منجر به کاهش طول ریشه، ارتفاع، وزن تر اندام هوایی و ریشه و عملکرد دانه گیاه کینوا در شرایط آب و هوایی عربستان سعودی در سطح احتمال ۵ درصد شد. نتایج ایشان گویای این موضوع است که در شرایط توامان تنش شوری و خشکی نیز تمامی این صفات (به‌جز در تیمار شوری ۵۰ میلی‌مولار و ۵۰ درصد نیاز آبی) نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشته است (Aly et al., 2018). عزیز و همکاران به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر خواص رشدی و متابولیت‌های ثانویه گیاه کینوا نشان دادند که کاهش میزان آب آبیاری سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته می‌شود (Aziz et al., 2018). در تحقیقی دیگر که به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر روی گیاه کینوا در کشور برزیل اجرا شد، نتایج نشان داد که کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد منجر به کاهش ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و برگ و سنبله و وزن دانه شد (Jayme-Oliveira et al., 2017). جمالی (۱۳۹۵) در تحقیقی بر روی گیاه کینوا رقم Titicaca نشان داد که کم‌آبیاری منجر به کاهش وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و عملکرد دانه در بوته شد. ایشان اظهار کردند که با توجه به شرایط محدودیت آب در منطقه و با توجه به اینکه بین تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه در صفت عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، می‌توان این گیاه را با این میزان آب در منطقه گرگان آبیاری نمود.

با توجه به محدودیت منابع آب شیرین در کشور با توجه به خشکسالی‌هایی که اخیرا اتفاق افتاده است، نیاز به تکنیک‌هایی برای استفاده حداکثری از آب در دسترس بوده که یکی از این تکنیک‌ها کم‌آبیاری است، همچنین بررسی اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه می‌تواند برای مدیریت بهتر کم‌آبیاری در شرایط محدودیت منابع آب موجود در کشور مفید باشد. اثر دوره‌ای تنش آبی علاوه بر مدیریت بهتر کم‌آبیاری، بر روی تعیین زمان اعمال کم‌آبیاری نیز موثر است. از این‌رو با توجه به اینکه گیاه کینوا با توجه به ارش غذایی بالایی که دارد و همچنین در این زمینه بر روی این گیاه در منطقه خراسان رضوی کار نشده بود، از این رو این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش آبی دوره‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش‌های دوره‌ای آبی بر روی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) رقم NSRCQ پژوهشی در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه فردوسی مشهد با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی، ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۹۵۸ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد، بدین منظور آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی بر پایه‌ی کشت گلدانی با ۴ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی با دمای محیط حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب با رطوبت نسبی حدود ۷۵ درصد انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل ۵ سطح تنش آبی (آبیاری به‌میزان نیاز آبی گیاه در کل دوره رشد، اعمال کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، اعمال کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در کل دوره رشد ، اعمال کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

نیاز آبی گیاه در دوره گلدهی گیاه و اعمال کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در دوره پر شدن دانه‌های گیاه) بود و در جدول (۱) علائم اختصاری مرتبط با هر یک از تیمارها ارائه شده است. دور آبیاری بر اساس رطوبت موجود در خاک با استفاده از دستگاه TDR[1] تعیین شده و اعمال شد. میزان آب آبیاری بر اساس روش وزنی محاسبه شد، به‌طوری‌که ابتدا در کف هرکدام از گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگ‌ریزه (جهت انجام زهکشی) ریخته شد و با استفاده از ترازو به‌صورت هم‌وزن از خاک پر شدند (در داخل هر گلدان ۸ کیلوگرم خاک). سپس با افزودن آب، خاک هر گلدان را به درجه اشباع رسانده و به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شد تا هر گلدان پس از زهکشی آب اضافی به ظرفیت زراعی برسد. در این مرحله گلدان‌ها به‌سرعت وزن شده و خاک آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال تیمارهای رطوبتی مختلف مشخص‌شده و با قرائت روزانه دستگاه TDR (با توجه به مقاوم بودن این گیاه به تنش خشکی (Al-Naggar et al., 2017)) زمان آبیاری تعیین شد. تا ۱۴ روز پس از کاشت (مرحله ۴ تا ۶ برگی شدن بوته‌ها)، گلدان‌ها در رژیم‌های یکسان آبیاری شدند و از این مرحله به بعد، برای تعیین رژیم‌های آبیاری به‌طور روزانه رطوبت هرکدام از گلدان‌ها اندازه‌گیری و رژیم‌هایی که درصد وزنی رطوبت خاک به درصد موردنظر رسید، آبیاری در هر تیمار انجام شد (Khorasaninejad et al., 2018). خصوصیات شیمیایی آب شهری و خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. در تاریخ ۵ آذر ۹۷ در هر گلدان ۱۰ بذر گیاه کینوا رقم NSRCQ در عمق ۱/۵ سانتی‌متری کشت شده و پس از رسیدن به مرحله ۴ برگی تراکم بوته در هر گلدان به دو بوته رسید. در مرحله داشت برای مقابله با آفت شته و مگس سفید ۵ مرحله سم‌پاشی با سموم دورسبان و کنفیدور به‌صورت دوره‌ای و با غلظت یک در هزار حجمی انجام شد. در این مرحله برای مقابله با علف‌های هرز طی دو مرحله و به‌صورت مکانیکی علف‌های هرز برداشت شد، همچنین در این پژوهش طی ۳ مرحله کود دهی با کود NPK با نسبت‌های ۲۰:۲۰:۲۰ اعمال شد.

در شکل (۱) جانمایی و نمایی از گیاهان تیمار شده در گلخانه نشان داده شده است. ۲ هفته قبل از برداشت، آبیاری تمام تیمارها را قطع کرده و در تاریخ ۱۵ اسفند ۹۷ گیاهان برداشت شد. پس از برداشت گیاهان صفات رشدی و عملکردی نظیر تعداد برگ، تعداد سنبله و تعداد شاخه جانبی شمارش شده و طول و عرض سنبله، ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شده و طول و عرض برگ و قطر ساقه نیز با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. شاخص سبزینگی نیز با استفاده از کلروفیل سنج مدل SPAD502 شرکت Spectrum آمریکا اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن هزار دانه و عملکرد دانه در ابتدا سنبله گیاهان را جدا کرده و با ضربه زدن به آن دانه‌ها را جدا کرده و پس از عبور از الک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نیز با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. بهره‌وری مصرف آب نیز با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه شد. پس از تعیین عملکرد برای تعیین تابع تولید از توابع تولید خطی، درجه دوم و لگاریتمی (روابط ۲-۴) استفاده شد. که در آن Y بیانگر عملکرد در واحد سطح (Kgm^{-2}) و I میزان آب مصرفی (میلی‌متر) می‌باشد. برای ارزیابی توابع مذکور و تعیین تابع تولید بهینه از شاخص‌های آماری RMSE، R^2، ME و EF استفاده شد (روابط ۵-۸) (پیری و همکاران، ۱۳۹۷)، که در آن $\hat{Y}_i$ مقادیر عملکرد محاسبه شده، $\bar{Y}$ عملکرد متوسط، $\bar{I}$ متوسط آب مصرفی و n تعداد مشاهدات می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها (تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به روش LSD) با استفاده از نسخه ۹/۴ نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۱- علائم اختصاری تیمارهای مورد بررسی

علامت اختصاری	تیمار مورد بررسی
W_1	بدون تنش آبی
W_2	تنش آبی در دوره رویشی
W_3	تنش آبی در دوره گلدهی
W_4	تنش آبی در دوره دانه بستن
W_5	تنش آبی در کل دوره رشد

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) تنش آبی دوره‌ای بر روی خواص رشدی گیاه کینوا نظیر تعداد برگ، تعداد سنبله، طول سنبله، قطر ساقه، ارتفاع بوته و شاخص سبزینگی در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد شاخه جانبی، عرض سنبله طول و عرض برگ و طول دمبرگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. نتایج مطابق جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تنش دوره‌ای آبی بر روی صفت تعداد برگ، شاخه جانبی و سنبله نشان داد که در شرایط کاهش آب آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد در دوره رویشی، گلدهی، دانه بستن و کل دوره رشد این صفات در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در کل دوره رشد) به‌ترتیب ۲۹/۰۳، ۲۱/۵۱، ۱۹/۶۲ و ۵۱/۶۲ درصد (تعداد برگ)، ۵۷/۹، ۳۶/۸، ۵/۳ و ۵۷/۹ درصد (تعداد شاخه جانبی) و ۳۸/۵، ۳۸/۵، ۳۸/۵ و ۷۸/۹ درصد (تعداد سنبله) کاهش یافت.

۱- دستگاه مذکور ساخت انگلستان بوده و مدل آن PMS-714 می‌باشد که دارای یک سنسور بوده و برای خاک مذکور کالیبره شده بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

کیفیت آب	ترکیبات شیمیایی									
	SAR	Cl (meq/L)	Na (meq/L)	K (meq/L)	Ca (meq/L)	Mg (meq/L)	SO_4 (meq/L)	HCO_3 (meq/L)	EC_{25} (dS/m)	pH
آب شهری	۲/۷۱	۱	۰/۲۷	۰/۴۸	۴/۴	۲/۸	۰/۷	۷	۱/۲۳	۸/۲

جدول ۳- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی مورد استفاده

بافت خاک	شن	سیلت	رس	حد ظرفیت زراعی (درصد)	چگالی ظاهری	هدایت الکتریکی	pH	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
	درصد				gcm^{-3}	dSm^{-1}		$mgKg^{-1}$		
سیلتی لومی	۲۶	۵۳	۲۱	۲۶	۱/۳۴	۱/۲	۷/۸۵	۵۰۴	۵/۸	۱۰۶/۴

$$\text{بهره‌وری فیزیکی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{میزان آب مصرفی}} \quad (۱)$$

$$Y = a_0 + a_1 I \quad (۲)$$

$$Y = a_0 + a_1 I + a_2 I^2 \quad (۳)$$

$$Y = a_0 + a_1 \text{Ln}(I) \quad (۴)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum(\hat{Y}_i - Y_i)}{n}} \quad (۵)$$

$$\text{ME} = \text{MAX}\left|Y_i - \hat{Y}_i\right| \quad (۶)$$

$$\text{EF} = \frac{\sum Y_i - \sum \hat{Y}_i}{\sum Y_i} \quad (۷)$$

$$R^2 = \frac{(\sum(I - \bar{I})(Y - \bar{Y}))^2}{\sum(I - \bar{I})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2} \quad (۸)$$

شاخص سبزینگی نیز در شرایط تنش دوره‌ای رطوبتی ۲۹/۱ (دوره رویشی)، ۱۷/۱ (دوره گلدهی)، ۲۱/۰ (دوره دانه بستن) و ۳۰/۳ (کل دوره رشد) درصد کاهش معنی‌دار در سطح ۵ درصد به‌جز (بین تیمارهای تنش در دوره گلدهی و دانه بستن و بین تیمارهای دوره رویشی و کل دوره رشد) مواجه شد. نتایج نشان دهنده این موضوع است که کم‌آبیاری منجر به کاهش تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی و تعداد سنبله و به تبع آن وزن و عملکرد دانه این گیاه می‌گردد، همچنین نتایج نشان از این دارد که این گیاه در دوره گلدهی و دانه بستن به تنش خشکی مقاوم می‌باشد. دلیل کاهش تعداد برگ در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند در اثر مقاومت گیاه برای مقابله با خشکی، عدم توسعه ریشه و طویل شدن سلول‌ها و به تبع آن کاهش جذب آب و عناصر غذایی از محیط مذکور باشد. نتایج مطابق با جدول ۵ نشان از این دارد که در صفت تعداد برگ و سنبله بین تیمارهای تنش در دوره رویشی، گلدهی و دانه بستن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در صفات طول و عرض سنبله تنش در مراحل مختلف منجر به کاهش این صفات در مرحله رویشی (۲۰/۸ و ۲۲/۴ درصد)، تنش در مرحله گلدهی (۱۴/۳ و ۸/۹ درصد)، تنش در مرحله دانه بستن (۱۳/۳ و ۱۷/۹ درصد) و تنش در کل دوره رشد (۲۳/۳ و ۲۸/۴ درصد) شد و بیشترین میزان این صفات پس از تیمار شاهد به‌ترتیب در تیمار تنش در دوره دانه بستن (۱۱/۵۳ سانتی‌متر) و در دوره گلدهی (۶/۱ سانتی‌متر) مشاهده شد.

شکل ۱- جانمایی گلدان‌ها و نمایی از گیاهان تیمار شده کینوا رقم NSRCQ در شرایط گلخانه‌ای

طول و عرض سنبله از مهمترین صفات مرتبط با عملکرد دانه بوده و نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و دانه بستن کمترین تاثیر بر روی این صفات دارد، به‌طوری‌که می‌تواند

www.SID.ir

Archive of SID

به‌دلیل توسعه کامل گیاه در این مرحله و اختصاص بیشترین میزان شیره حاصل از فتوسنتز به گیاه نسبت به تیمارهای دیگر باشد. نتایج نشان داد که در صفت قطر ساقه و ارتفاع بوته بیشترین میزان این صفات پس از تیمار شاهد به‌ترتیب با کاهش ۶/۵ و ۳/۱ درصدی در تیمار دانه بستن مشاهده شد. کمترین میزان این صفات نیز با کاهش ۴۲/۴ و ۲۱/۹ درصدی در تیمار تنش آبی در کل دوره رشد مشاهده شد. اعمال تیمار تنش خشکی در مرحله دانه بستن نسبت به سایر تیمارها اثر منفی کمتری بر روی قطر و ارتفاع گیاه دارد که به تبع آن تعداد برگ، شاخه جانبی و سنبله بیشتری به‌دلیل تولید شیره پرورده بیشتر در این تیمار مشاهده شد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای شاهد و تنش در دوره دانه بستن در این صفات در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مطابق با شکل (۲) بیشترین تغییرات ارتفاع در مراحل مختلف رشد در تیمار تنش آبی در کل دوره رشد مشاهده شد و کمترین تغییرات در مراحل مختلف رشدی اعمال تنش آبی در مرحله دانه بستن گیاه بود.

بیشترین میزان طول و عرض برگ و طول دمبرگ به‌ترتیب در تیمار تنش در مرحله رویشی (۶/۹ سانتی‌متر)، تنش در مرحله دانه بستن (۶/۱ سانتی‌متر) و تنش در مرحله دانه بستن (۵/۷ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین میزان این صفات نیز به‌ترتیب در تیمارهای تنش در کل دوره رشد (۵/۳۳ سانتی‌متر)، تنش در مرحله رویشی (۴/۳۳ سانتی‌متر) و تنش در کل دوره رشد (۴/۴۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. نتایج مطابق جدول (۵) نشان داد که در صفت طول برگ بین تمامی تیمارها (به‌جز تنش در کل دوره رشد) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد. سطح برگ یکی از صفات مهم جهت تولید شیره پرورده برای حصول حداکثری عملکرد دانه در این گیاه است و نتایج نشان داد که طول و عرض برگ که از جمله مهمترین صفات تاثیرگذار بر روی سطح برگ می‌باشد، در شرایط تنش‌های دوره‌ای خشکی تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نداشت ولی بر روی صفت تعداد برگ که یکی دیگر از صفات موثر بر روی سطح برگ است تاثیر داشته و باعث کاهش شیره پرورده نسبت به تیمار شاهد شد. مطابق با جدول (۶) تنش آبی دوره‌ای بر روی عملکرد دانه، وزن هزار دانه و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات رشدی گیاه کینوا رقم NSRCQ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تعداد برگ	تعداد شاخه جانبی	تعداد سنبله	طول سنبله	عرض سنبله	قطر ساقه	ارتفاع بوته	طول برگ	عرض برگ	طول دمبرگ	شاخص سبزینگی
تنش آبی دوره‌ای	۴	۱۱۷۵/۸ **	۷/۰ *	۲/۵ **	۵/۹ **	۲/۱ *	۰/۱ **	۱۷۴/۵ **	۱/۵ *	۱/۹ *	۱/۱ *	۱۵۶/۱ **
خطا	۱۵	۶۵/۱	۰/۷	۰/۲	۰/۲	۰/۰۸	۰/۰۰۲	۶/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۲/۴
ضریب تغییرات		۱۱/۵	۲۲	۲۰/۹	۳/۵	۴/۶	۷/۲	۴/۲	۹/۹	۱۰/۱	۸/۵	۳/۹

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال یک درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

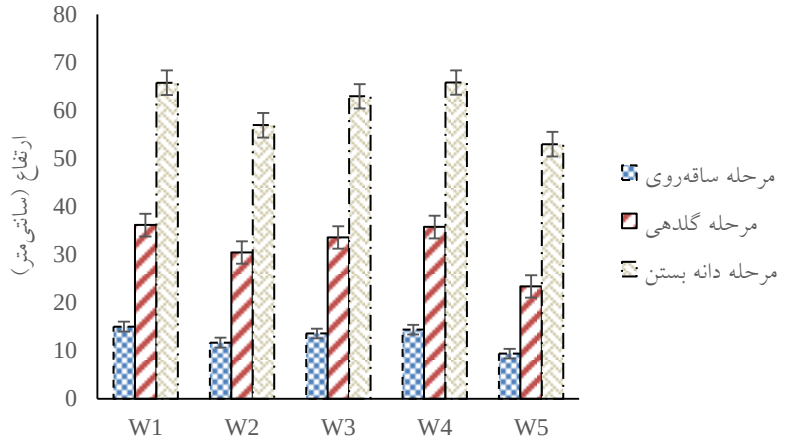
جدول ۵- مقایسه میانگین صفات رشدی گیاه کینوا رقم NSRCQ

ترکیبات تیماری	تعداد برگ	تعداد شاخه جانبی	تعداد سنبله	شاخص سبزینگی	طول سنبله	عرض سنبله	قطر ساقه	ارتفاع بوته	طول برگ	عرض برگ	طول دمبرگ
			-				سانتی‌متر				
بدون تنش	a۹۳/۰	a۴/۵	a۳/۲۵	a۴۹/۴	a۱۳/۳	a۶/۷	a۰/۹۲	a۶۷/۹	a۶/۵	ab۵/۵۸	ab۵/۶۸
دوره رویشی	b۶۶/۰	b۲/۰	b۲/۰	c۳۵/۰	c۱۰/۵	cd۵/۲	c۰/۶۳	c۵۴/۶	a۶/۹	bc۴/۳۳	bc۵/۰۳
دوره گلدهی	b۷۳/۰	b۳/۰	b۲/۰	b۴۰/۹	b۱۱/۴	b۶/۱	b۰/۷۸	b۶۰/۸	a۶/۵	ab۵/۸	a۵/۷
دوره دانه بستن	b۷۴/۸	a۴/۸	b۲/۰	b۳۹/۰	b۱۱/۵	c۵/۵	a۰/۸۶	a۶۵/۸	a۶/۷	a۶/۱	ab۵/۳
کل دوره رشد	c۴۵/۰	b۲/۰	c۱/۰	c۳۴/۴	c۱۰/۲	d۴/۸	d۰/۵۳	c۵۳/۰	b۵/۳	bc۵/۰۵	c۴/۴۳
LSD (۰/۰۵)	۱۲/۲	۱/۲	۰/۷۴	۲/۳	۰/۶	۰/۳۹	۰/۰۸	۳/۸	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۶۷

* حروف مشترک در هر یک از ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- روند تغییرات ارتفاع گیاه کینوا در مراحل مختلف رشد تحت تنش‌های آبی

جدول ٦- تجزیه واریانس صفات عملکردی و بهره‌وری فیزیکی مصرف آب گیاه کینوا رقم NSRCQ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن هزار دانه	عملکرد دانه	بهره‌وری مصرف آب
تنش آبی دوره‌ای	۴	۰/۷۴**	۱۳/۹**	۰/۵**
خطا	۱۵	۰/۰۱	۰/۳	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات		۲/۵	۲/۹	۳

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال یک درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

بر اساس جدول (۷) بیشترین میزان از وزن هزار دانه (۳/۹۹ گرم) در تیمار آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در کل دوره رشد مشاهده شد. کمترین میزان صفت مذکور نیز با ۲/۹۳ گرم در تیمار کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در کل دوره رشد بود. اعمال تنش آبی در هر یک از دوره‌های فنولوژیکی منجر به کاهش ۱۹/۰، ۹/۰، ۴/۵ و ۲۶/۶ درصد وزن هزار دانه به‌ترتیب در دوره رویشی، گلدهی، دانه بستن و کل دوره رشد شد. بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) تنش‌های دوره‌ای آبی بر روی عملکرد دانه اثر منفی داشته به‌طوری‌که تنش منجر به کاهش این صفت در مرحله رویشی (۱۹/۳ درصد)، گلدهی (۱۱/۸ درصد)، دانه بستن (۷/۵ درصد) و کل دوره رشد (۲۱/۲ درصد) شد. مطابق با نتایج جدول (۷) مقایسه میانگین‌ها بین تیمارهای اعمال تنش در مرحله رویشی و در کل دوره رشد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشد. بر اساس نتایج همین جدول بیشترین میزان از بهره‌وری فیزیکی مصرف آب (۲/۱۴ کیلوگرم در متر مکعب) در تیمار آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در کل دوره رشد بود.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات عملکردی و بهره‌وری فیزیکی مصرف آب گیاه کینوا رقم NSRCQ

ترکیبات تیماری	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	بهره‌وری مصرف آب
	گرم		کیلوگرم در متر مکعب
بدون تنش	a۳/۹۹	a۲۱/۲	d۱/۳۳
دوره رویشی	d۳/۲۳	d۱۷/۱	d۱/۲۸
دوره گلدهی	c۳/۶۳	c۱۸/۷	c۱/۴۴
دوره دانه بستن	b۳/۸۱	b۱۹/۶	b۱/۵۱
کل دوره رشد	e۲/۹۳	d۱۶/۷	a۲/۱۴
LSD (۰/۰۵)	۰/۱۳	۰/۸	۰/۰۶

حروف مشترک در هر یک از ستون‌ها بیانگر عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID

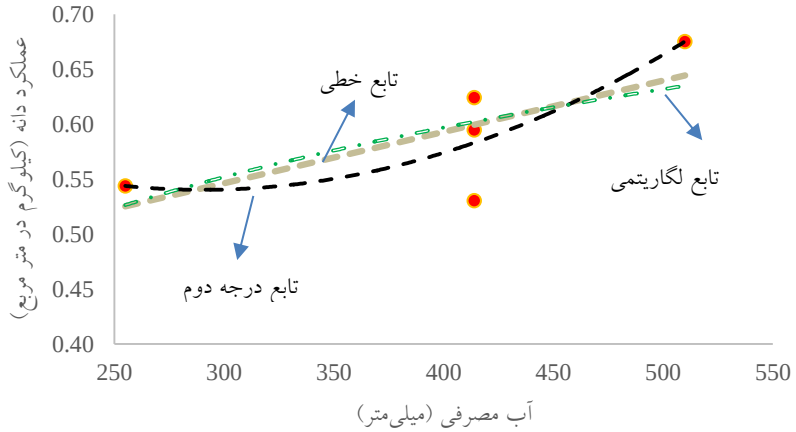
کمترین میزان صفت مذکور نیز با ۱/۲۸ کیلوگرم در متر مکعب در تیمار کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در دوره رویشی مشاهده شد. تنش منجر به کاهش این صفت در مرحله رویشی (۳/۸ درصد) و افزایش در مراحل گلدهی (۸/۳ درصد)، دانه بستن (۱۳/۵ درصد) و کل دوره رشد (۶۰/۹ درصد) شد. مطابق با نتایج جدول (۷) بین تیمارهای شاهد و تنش دوره رویشی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد.

نتایج تخمین توابع تولید عملکرد-آب مصرفی به‌صورت توابع خطی، درجه ۲ و لگاریتمی در شکل ۳ ارائه شده است. پس از به‌دست آوردن توابع تولید برای ارزیابی هر یک از آن‌ها از شاخص‌های آماری RMSE، EF، ME و R^2 استفاده شد. هر یک از توابع تولید مورد استفاده به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته و برای هر مشخصه آماری رتبه در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که برای RMSE و ME مقادیر کمتر رتبه یک و به‌ترتیب مقادیر بیشتر رتبه‌های بالاتر را اخذ کردند، ولی در مشخصه‌های EF و R^2 توابعی که دارای بیشترین مقادیر بودند رتبه یک و به‌ترتیب مقادیر کمتر رتبه‌های دیگر را به خود اختصاص دادند (نتایج به تفصیل در جدول ۸ ارائه شده است). مقایسه ضرایب و مجموع رتبه‌بندی نشان دهنده این است که تابع لگاریتمی در مقایسه با دو تابع دیگر دارای قدرت برازش بیشتری بر روی مدل است.

نتایج نشان داد که تنش ناشی از کمبود آب سبب تغییرات بدون روند طول و عرض برگ شده است (در برخی دوره‌های رشدی نیز تنش منجر به افزایش دو صفت مذکور شد). سطوح رطوبتی نتوانست طول برگ را تحت تاثیر معنی‌دار قرار دهد، اما گیاهانی که آب بیشتری دریافت کردند طول برگ‌هایشان بیشتر بود، این روند در آزمایش شریفان و همکاران (۱۳۹۷) و رجبی و همکاران (۱۳۹۵) بر روی اسفناج نیز مشاهده شد. رضایی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر روی گیاه شمعدانی معطر، گزارش کردند که با کاهش مقدار آب خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، عملکرد ماده‌ی تر و خشک در گلدان و عملکرد اسانس کاهش یافت. همچنین ایشان اظهار داشتند که تنش خشکی به‌دلیل کاهش آب در خاک و فعال نمودن فرایندهای مختلف در گیاه که با مصرف انرژی همراه می‌باشد، روی صفات کمی و کیفی گیاه تأثیر منفی می‌گذارد.

با کاهش مقدار آب میزان تجمع مواد فتوسنتزی و سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد و افت قابل توجه سرعت رشد نسبی بیانگر کاهش ماده خشک تولید شده در اثر کاهش رشد شاخ و برگ در مرحله رشد سبزینه‌ای است که می‌تواند یکی از علل کاهش عملکرد محصول باشد (Molden et al., 2001). جاکوبسن و همکاران نشان دادند که گیاه کینوا جهت مقابله با خشکی و افزایش راندمان آب روزنه‌های برگ خود را بسته، که خود موجب حفظ پتانسیل برگ و سرعت فتوسنتز در طول خشک شدن خاک می‌گردد. از طرفی در طول خشک شدن خاک ریشه آبسزیک اسید تولید کرده که باعث تنظیم فعالیت روزنه‌ها از طریق کاهش آماس سلول‌های نگهبان روزنه و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Jacobsen et al., 2009).

آب یکی از مهم‌ترین عامل‌های محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد، نمو و میزان مواد مؤثره گیاهان دارد. تنش آب به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز و به‌طور غیرمستقیم بر ورود دی اکسید کربن به درون روزنه‌ها اثر بگذارد که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار کاهش می‌شود (جمالی، ۱۳۹۵؛ Kolenc et al., 2016).



شکل ۳- تعیین تابع آب مصرفی-عملکرد گیاه کینوا رقم NSRCQ تحت تنش‌های دوره‌ای آبی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- ارزیابی شاخصه‌های آماری توابع مختلف

شاخص آماری	تابع لگاریتمی	تابع خطی	تابع درجه دوم
	$Y = 0.156 Ln (I) - 0.3404$	$Y = 0.0005 I + 0.406$	$Y = 0.000003 I^2 - 0.0016 I + 0.7757$
RMSE	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۵۵
رتبه	۱	۱	۲
EF	۰/۰۰۰۳۷	−۰/۰۲۲	−۰/۰۷۳
رتبه	۱	۲	۳
ME	۰/۰۲۶	۰/۰۷۹	۰/۰۹۷
رتبه	۱	۲	۳
R^2	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۶۷
رتبه	۳	۲	۱
مجموع رتبه‌بندی	۶	۷	۹

بنا به گزارشات ریچاردز و همکاران اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و مدت کوتاهی پس از آن از طریق عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در گرده افشانی، فتوسنتز جاری و انتقال ذخایر ساقه به سنبله سبب کاهش تعداد دانه در سنبله و به تبع آن کاهش عملکرد دانه می‌شود که در این پژوهش نیز عملکرد دانه در اعمال تنش در این مرحله نسبت به مراحل ابتدایی رشد کمتر بوده است (Richards et al., 2001). دایوسن و فریمن اعتقاد دارند تنش خشکی در طی مرحله پر شدن دانه، سبب کوتاه تر شدن طول این دوره رشدی، تسریع پیری و افت وزن دانه‌ها می‌شود (Duysen and Freeman, 1974). اثر تنش رطوبت در مرحله پر شدن دانه‌ها بسیار بارز است، چون عملکرد بالقوه به وزن هر دانه بستگی دارد، که این مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها می‌باشد (Fisher and Maurer, 1988). افزایش رقابت درون بوته‌ای به‌دلیل عرضه محدودتر مواد پرورده، ممکن است بر بقای پنجه‌ها، نمو سنبلک و پر شدن دانه تأثیر گذارد و دوام فرآیند یاد شده نیز ممکن است، به‌وسیله میزان مسن شدن سایه‌انداز و سایر فرآیندهای بیوشیمیایی، تعیین شود. بنابراین، خشکی بر حسب زمان، طول و شدت دوره تنش می‌تواند عملکرد دانه را از طریق تأثیر بر هر یک از اجزاء یا ترکیبی از آنها کاهش دهد. با وجود شواهدی که در تأیید این نظر وجود دارد، انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده می‌تواند کاهش عرضه مواد پرورده را پس از گل دهی، تا زمانی که ساقه و سنبله سبز می‌باشد، جبران کند (Emam et al., 2007). مواد جمع شده در دانه از دو منبع فتوسنتز در خود دانه و انتقال مواد فتوسنتزی از قسمت‌های گیاه به دانه تأمین می‌گردد (Fisher and Maurer, 1988). کلارک و وست به این نتیجه رسیدند که در زمان پر شدن دانه، کمبود آب از طریق تقلیل فتوسنتز باعث کاهش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود. خشکی در مرحله پر شدن دانه مخصوصاً اگر با افزایش دما همراه باشد، موجب تسریع در پیری برگ‌ها، کاهش طول دوره پر شدن دانه، میانگین وزن دانه‌ها و عملکرد می‌شود، به‌طوری‌که این عمل توسط کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال توسعه صورت می‌پذیرد (Clarke and West, 1969). نوریانی (۱۳۹۲) علت کاهش وزن هزار دانه را به کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی نسبت داد که باعث کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال رشد شده و تقلیل وزن هزار دانه را در تیمارهای تنش باعث شده است. رستمی و همکاران علت کاهش عملکرد در تنش آبیاری را به علت کوچک شدن سطح برگ، کاهش شاخص سطح برگ و کاهش عوامل فتوسنتز در مرحله رشد رویشی و کاهش تعداد دانه در طبق اعلام کردند (Rostami et al., 2003). غلظت بالای سدیم در برگ‌ها در شرایط تنش شوری موجب پیری زودرس و کاهش فعالیت فتوسنتز می‌شود (James et al., 2002) که حاصل آن کاهش جذب میزان کربن و درنهایت کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد (Husain et al., 2003). کاهش عملکرد تحت تنش کم‌آبی، توسط محققان دیگر نیز گزارش گردیده است (نعمتی و همکاران، ۱۳۹۵). افزایش بهره‌وری مصرف آب در پژوهش گونزالز توبر و همکاران بر روی کینوا نیز در شرایط تنش رطوبتی مشاهده شد (González-Teuber et al., 2018).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیشترین میزان از وزن هزار دانه (۳/۹۹ گرم) در تیمار آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در کل دوره رشد بود. کمترین میزان صفت مذکور نیز با ۲/۹۳ گرم در تیمار کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در کل دوره رشد مشاهده شد. اعمال تنش آبی در هر یک از دوره‌های فنولوژیکی منجر به کاهش ۱۹/۰، ۹/۰، ۴/۵ و ۲۶/۶ درصد وزن هزار دانه به‌ترتیب در دوره رویشی، گلدهی، دانه بستن و کل دوره رشد شد. تنش‌های دوره‌ای آبی بر روی عملکرد دانه اثر منفی داشته به‌طوری‌که تنش منجر به کاهش این صفت در مرحله رویشی (۱۹/۳ درصد)، گلدهی (۱۱/۸

www.SID.ir

Archive of SID

درصد)، دانه بستن (۷/۵ درصد) و کل دوره رشد (۲۱/۲ درصد) شد. بیشترین میزان از بهره‌وری فیزیکی مصرف آب (۲/۱۴ کیلوگرم در متر مکعب) در تیمار آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در کل دوره رشد مشاهده شد. کمترین میزان صفت مذکور نیز با ۱/۲۸ کیلوگرم در متر مکعب در تیمار کم‌آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در دوره رویشی بود. تنش منجر به کاهش این صفت در مرحله رویشی (۳/۸ درصد) و افزایش در مراحل گلدهی (۸/۳ درصد)، دانه بستن (۱۳/۵ درصد) و کل دوره رشد (۶۰/۹ درصد) شد. با توجه به کمبود منابع آبی در اکثر نقاط کشور اعمال تنش آبی در مرحله دانه بستن با توجه به حداقل بودن مقدار کاهش عملکرد برای آبیاری گیاه کینوا در این منطقه مناسب می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که جهت اعمال این تنش‌ها در سطح مزرعه، نیاز به پژوهش‌های بیشتری است و اعمال این تیمارها بر روی این گیاه در منطقه مشهد برای پژوهش‌های آتی توصیه می‌گردد.

منابع

پیری، ح، انصاری، ح و پارسا، م. ۱۳۹۷. تعیین تابع تولید آب- شوری- عملکرد با در نظر گرفتن زمان برداشت علوفه و ارزیابی شاخص‌های تولید در ذرت خوشه‌ای. مهندسی منابع آب. ۱۱(۳): ۱۵-۲۶.

جمالی، ص. ۱۳۹۵. بررسی اثر توام سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

حسین‌زاده، ج.، کاظمیان، ف.، جوادی، ا و غفوری، ه. ۱۳۹۲. زمینه و سازوکارهای مدیریت آب کشاورزی در دشت تبریز. دانش آب و خاک. ۲۳(۲): ۹۸-۸۵.

حیدری، م و میری‌آزادمینایی، ح.ر. ۱۳۹۲. فعالیت آنتی اکسیدان و ترکیبات بیوشیمیایی گیاه گلوزبان اروپایی در واکنش به تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۲(۶): ۱۷۰-۱۵۹.

حیدری، ن.، پوریوسف، م و توکلی، ا. ۱۳۹۳. تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وارسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه آنیسون. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی). ۲۷(۵).

رجبی، ع.، شریفان، ح.، حسام، م و ذاکری‌نیا، م. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری و آب آبیاری برعملکرد و برخی ویژگی‌های برگ اسفناج. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. ایران

رضایی‌نژاد، ع.، فیضیان، م و سپهوند، ک. (۱۳۹۲). تأثیر تنش کم‌آبی بر رشد، عملکرد، میزان و ترکیب‌های اسانس شمعدانی معطر. فن‌آوری تولیدات گیاهی، دوره ۵ (۱): ۸۳-۹۴.

سپهوند، ن.ع.، سرهنگی، م.، مهرابی، ا و مصطفوی، خ. ۱۳۹۴. بررسی تنوع ژنتیکی مورفوتیپ‌های کینوا با استفاده از نشانگر مولکولی ریزماهواره. ژنتیک نوین. ۱۰(۱): ۱۱۵-۱۲۲.

شایان نژاد، م و محرری، ع. ۱۳۸۹. تأثیر تنش آبی بر خصوصیات کیفی و گندم و سیب زمینی در شهرکرد. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۴: ۷۰-۶۶.

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

نعمتی، ا.، رفیعی الحسینی، م و دانش‌شهرکی، ع.ا. ۱۳۹۵. تأثیر کود دامی و تلقیح باکتریایی بر شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت شرایط تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۹(۴): ۳۳۹-۳۵۱.

نوریانی، ح. ۱۳۹۲. اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ماش در تراکم‌های مختلف کاشت. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۵(۱۸): ۴۷-۳۵.

Al-Naggar A.M.M., El-Salam R.A., Badran A.E.E and El-Moghazi, M. M. 2017. Drought tolerance of Five Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Genotypes and Its Association with Other Traits under Moderate and Severe Drought Stress. Asian Journal of Advances in Agricultural Research. 3(3): 1-13.

Aly A.A., Al-Barakah F.N and El-Mahrouky, M.A. 2018. Salinity Stress Promote Drought Tolerance of Chenopodium Quinoa Willd. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 49(11): 1331-1343.

Aziz A., Akram N.A and Ashraf M. 2018. Influence of natural and synthetic vitamin C (ascorbic acid) on primary and secondary metabolites and associated metabolism in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) plants under water deficit regimes. Plant Physiology and Biochemistry. 123: 192-203.

Benlloch-Gonzalez, M., Quintero, M., Manuel, J., Mateo, G., Fournier, J.M and Benlloch, M. 2015. Effect of water stress and subsequent re-watering on K+ and water flows in sunflower roots: A possible mechanism to tolerate water stress. Environmental and Experimental Botany. 118: 78-84.

Clarke, L.D and West, N.E. 1969. Germination of Kochia americana in relation to salinity. Journal of Range Management Archives. 88: 286-287.

Duysen, M.E and Freeman, T.P. 1974. Effects of moderate water deficits on wheat seedling growth

www.SID.ir

Archive of SID

Willd.). Scientia Horticulturae. 122(2): 281-287.

James, R.A., Rivelli, A.R., Munns, R and von Caemmerer. S. 2002. Factors affecting CO2 assimilation, leaf injury and growth in salt-stressed durum wheat. Functional Plant Biology. 29:1393–1403.

Jayme-Oliveira A., Ribeiro Júnior, W.Q., Ramos, M.L.G., Ziviani, A.C and Jakelaitis, A. 2017. Amaranth, quinoa, and millet growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 52(8): 561-571.

Khorasaninejad, S., Alizadeh Ahmadabadi, A and Hemmati, K. 2018. The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical properties of Echinacea purpurea L. under water deficit stress. Scientia Horticulturae. 239: 314-323.

Kolenc, Z., Vodnik, D., Mandelc, S., Javornik, B., Kastelec, D and Čerenak, A. 2016. Hop (Humulus lupulus L.) response mechanisms in drought stress: Proteomic analysis with physiology. Plant physiology and biochemistry. 105: 67-78.

Molden, D., Murry-Rust, H., Sakthivandival, R and Makin, I. 2001. A water productivity framework for understanding and action. Workshop on Water Productivity. Wadduwe, Sri Lanka, 12 -13 November.

Richards, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J., Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I and McNab, A. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. 240pages.

Rostami, M., Mirzaei, R and Kafi, M. 2003. Assessment of drought resistance in four safflower (Carthamus tinctorius L.) cultivars at the germination stage. 7th International Conference on the Development of Drylands, 14-17 September 2003, Tehran, Iran.

Safavi, H. R and Esmikhani, M. 2013. Conjunctive Use of Surface Water and Groundwater: Application of Support Vector Machines (SVMs) and Genetic Algorithms. Water Resource Management. 27(7): 2623-2644.

and plastid pigment development. Plant Physiology. 3: 262-266.

Emam, Y., Ranjbari, A and Bohrani, M.J. 2007. Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under drought stress condition after anthesis. Journal Agriculture Natural Resource Science Technology. 11: 317-327.

Fisher, R.A and Maurer, R. 1988. Drought resistance in spring wheat cultivars I: grain yield responses. Australian Journal of Agriculture Research. 29: 897 – 912.

Geerts S., Mamani R. S., Garcia M and Raes, D. 2006. Response of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to differential drought stress in the Bolivian Altiplano: Towards a deficit irrigation strategy within a water scarce region. In Proceedings of the 1st International Symposium on Land and Water Management for Sustainable Irrigated Agriculture. Adana Turkey.

González-Teuber, M., Urzúa, A., Plaza, P and Bascuñán-Godoy, L. 2018. Effects of root endophytic fungi on response of Chenopodium quinoa to drought stress. Plant ecology 219(3): 231-240.

Husain, S., Munns, R and Condon, A.G. 2003. Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll retention and growth of durum wheat in saline soil. Australian Journal of Agricultural Research. 54:589–597.

Iqbal H., Yaning C., Waqas M., Shareef M and Raza S.T. 2018. Differential response of quinoa genotypes to drought and foliage-applied H2O2 in relation to oxidative damage, osmotic adjustment and antioxidant capacity. Ecotoxicology and environmental safety. 164: 344-354.

Jacobsen, S.E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L.A., Corcuera, L.J 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 S.E., Liu, F and Jensen, C.R. 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (Chenopodium quinoa

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 13, Feb.-Mar. 2020, p. 1687-1697

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۳، بهمن - اسفند ۱۳۹۸، ص. ۱۶۹۷-۱۶۸۷

Evaluation the Effects of Periodic Water Stress on Yield, Yield Components and Water Productivity on Quinoa

S. Jamali[1] , M. Goldani[2*], S. M. Zeynodin[3]

Recived: May.29, 2019 Accepted: Aug.09, 2019

Abstract

The objective of this work was to evaluate the effects of periodic water stress on yield and yield components of Quinoa in the experimental research under greenhouse conditions. This research was conducted to study the effect of water stress on yield and yield components of Quinoa in the experimental research greenhouse of Ferdowsi university of Mashhad during 2018-19. NSRQC cultivar of Quinoa was planted and experimental design was completely randomized with five treatments and four replications. Treatments were full irrigation in all growth stages, water stress in vegetative stage, water stress in flowering stages, water stress in grain filling stage and deficit irrigation in all growth stage treatment with supplemental irrigation in time of planting. Results showed that the effect of periodic water stress on leaf number, leaf panicle, panicle length, stem diameter, plant height, SPAD index, 1000 kernel weight, grain yield and water productivity were highly significant (P>0.01), but different irrigation regimes on branches number and panicle width were significant at 5 % levels. Results showed that the highest 1000 kernel weight (3.99 g), grain yield (21.2 g) and plant height (67.9 cm) were in full irrigation in all growth stage treatment and the highest water productivity (2.14 kgm^{-3}) was in deficit irrigation in all growth stage treatment. With 50% reduction of water in vegetative stage, flowering stage, grain filling staged and deficit irrigation in all growth stage compared to full irrigation in all growth stage treatment, 1000 kernel weights were decreased by 19.0, 9.0, 4.5, and 26.6 % and Grain yield was decreased by 19.3, 11.8, 7.5 and 21.2% respectively. Due to the problems same as water shortage in most parts of the country, use of deficit irrigation (50% of FC.) at grain filling stages for Quinoa cultivation is applicable.

Key words: Irrigation regimes, Quinoa, Stress in flowering stage, Stress in grain filling stage, Stress in vegetative stage.

1- Ph.D. Candidate, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran
3- BSc. Student. Faculty of Natural Resources and Environment Ferdowsi University of Mashhad Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: Goldani@um.ac.ir)

www.SID.ir