نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۳/ ۱۳۹۸
10.22092/jwra.2019.122161.546

اثر کیفیت آب و مدیریت آبیاری روی رشد و عملکرد گیاه کینوا

صابر جمالی [۱] * و حسین انصاری

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
Saber.jamali@mail.um.ac.ir
استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
Ansary@um.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر آبیاری با روش تلفیق آب شور و آب چاه بر عملکرد و خواص رشدی و بیوشیمیایی گیاه کینوا، آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با شش تیمار (آب چاه با هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر (شاهد)، آب شور با هدایت الکتریکی ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، اختلاط ۵۰:۵۰ آب شور با آب چاه با هدایت الکتریکی ۷/۲ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری یک در میان با آب شور و آب چاه، آبیاری زیر سطحی آب شور، آبیاری زیر سطحی آب چاه) تحت شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه فردوسی مشهد با سه تکرار در زمستان سال ۱۳۹۶ اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر طول و وزن تر ریشه، کل کربوهیدرات محلول در برگ و ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر وزن تر برگ و ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. آبیاری زیر سطحی با آب شور منجر به کاهش وزن تر 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 زیر سطحی با آب شور منجر به افزایش کربوهیدرات محلول برگ و ساقه نسبت به تیمار شاهد به میزان ۵۵/۳ ٪ و ۷۰/۱ درصدی شد. آبیاری یک در میان با آب شور و چاه نیز منجر به کاهش وزن تر 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. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از تیمار آب شور با شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در کل دوره رشد به‌ترتیب منجر به کاهش ۲۰/۸٪ و ۲۰/۰ درصدی عملکرد دانه و وزن هزار دانه شد. در این پژوهش تیمار آبیاری زیر سطحی با آب چاه عملکرد بیشتری داشت و تیمار بهینه بود .در صورت استفاده از آب شور تیمار آبیاری یک در میان نسبت به دیگر تیمارها توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اختلاط آب شور وغیرشور، کینوا رقم Titicaca، آبیاری یک در میان، آبیاری زیر سطحی، کربوهیدرات محلول

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: مشهد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

* - دریافت: تیر ۱۳۹۷ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

مقدمه

زیر خانواده اسفناجیان با ۳۲۱ گونه و بیشترین جنس از جمله خانوادههایی است که نسبت به شوری تحمل دارند، بطوریکه گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd*) که گیاهی یک ساله و بومی مناطق آمریکای جنوبی و ارتفاعات آند[۲] میباشد، از گیاهان زیرخانواده اسفناج و چغندرقند بوده و با وجود ارزش غذایی بالایی که دارد، در شرایطی که اراضی دارای حاصلخیزی کم و یا دارای محدودیت هستند به خوبی قابل کشت بوده و محصول مناسب تولید میکند (جمالی و همکاران، ۱۳۹۵). کینوا گیاهی با ارزش غذایی مطلوب و پتانسیل بالای رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی است. ایران دارای تنوع اقلیمی فراوانی است به عنوان مثال کشت کینوا از نظر تولید بخصوص در مناطق جنوبی موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. کینوا از آنجا که گیاهی دارویی و همچنین بدون گلوتن است غذایی ارزشمند بوده و به سلامت جامعه نیز کمک خواهد نمود (جاکوبسن[۳] و همکاران، ۲۰۰۳؛ روزیکاراسکو[٤] و همکاران، ۲۰۱۱؛ بونالس آلاتوره[٥] و همکاران، ۲۰۱۳).

خشکی و شوری سبب کاهش محصول در مناطق خشک و نیمه خشک میشود و به همین دلیل گزینش گیاهانی که تحت این شرایط نیز محصول مناسبی تولید کند، بسیار مهم است که کینوا یکی از این محصولات است. در این ارتباط مطالعهای لایسیمتری بهمنظور بررسی اثر شوری و خشکی سطح خاک بر روی راندمان، عملکرد و میزان محصول به ازای آب استفاده شده بر روی کینوا رقم Titicaca انجام شد. کینوا تحت پنج سطح شوری (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ دسیزیمنس بر متر آب آبیاری) تا مرحله گلدهی قرار گرفت؛ اما در طول دوره پر کردن دانهها پنج سطح شوری آب آبیاری نصف شد، ولی در هر دو روش استفاده از آب شور گیاهان بهصورت کامل و به میزان نیاز آبی آبیاری شدند. نتایج نشان داد که افزایش شوری و کمآبیاری باعث کاهش عملکرد دانه، وزن خشک اندام هوایی، شاخص برداشت، تعداد دانه و وزن دانه گردید. همچنین افزایش شوری و کمآبیاری باعث افزایش عملکرد کاه گردید. از طرفی اثر متقابل این دو عامل معنیدار نشد (رزاقی[٦] و همکاران، ۲۰۱۲).

شوری یکی از مهمترین تنشهای محیطی است که تولید محصولات زراعی راتحت تأثیرقرار میدهد. درتمام مناطقی که آبیاری برای تولید محصولات زراعی ضروری است، شورشدن خاک نیز امری غیرقابل اجتناب میباشد (فلورز و فلورز[۷]، ۲۰۰۵)، بطوریکه این پدیده به تدریج به یک مشکل عمده در مناطق خشک و نیمه خشک ایران تبدیل شده است. تنش شوری تأثیرات زیادی بر روی رشد گیاه، کیفیت بذر و عملکرد دانه حتی در گیاهان شورزی مانند گیاه کینوا دارد. رشد گیاه، عملکرد کل دانه، تعداد دانه، وزن تر و خشک دانه در اثر شوری کاهش مییابد، اما با افزایش شوری میزان پروتئین دانهها افزایش یافته ولی محتوای قند کل دانهها کاهش مییابد (کویرو و عیسی[۸]، ۲۰۰۸). کوکوزا[۹] و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود به منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و کمآبیاری بر روی گیاه کینوا رقم Titicaca در شرایط مدیترانهای نشان دادند که اثر متقابل شوری و کمآبیاری باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ و اجزای پتانسیل آب گردید. در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد که گیاه کینوا در شرایط استفاده از آب دریا بعنوان آب آبیاری دوره رشد خود را به پایان رسانده و بذر نیز تولید میکند. از طرفی افزایش شوری باعث کاهش معنیدار عملکرد، تعداد دانه، وزن دانه و بیومس کل گردید (کویرو[۱۰] و همکاران، ۲۰۰۸). عیسی[۱۱] و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی به منظور

[2] Andes
3 Jacobsen
4 Ruiz-Carrasco
5 Bonales-Alatorre
6 Razzaghi
[7] Flowers

8 Koyro and Eisa
9 Cocozza
10 Koyro
11 Eisa

بررسی اثر شوری حاصل از نمک سدیم کلرید بر روی گیاه کینوا نتایج نشان داد که افزایش شوری باعث کاهش وزن تر ریشه، وزن تر ساقه (بجز ۱۰۰ میلی‌مولار) و وزن تر برگ (بجز ۱۰۰ میلی‌مولار) گردید. از طرفی افزایش شوری باعث کاهش عملکرد دانه گردید، همچنین شوری باعث افزایش پتانسیل آب گردید. از دیگر موادی که در شرایط تنش در گیاه تجمع می‌یابد، قندهای محلول می‌باشند که تحت تنش، به عنوان عوامل اسمزی و یا به عنوان حفاظت‌کننده‌های اسمزی عمل می‌نمایند (اینگرام و بارتلس[12]، ۱۹۹۶؛ بونهارت[13] و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش قند طی تنش، به طور معنی‌داری با تنظیم اسمزی و حفظ آماس همبستگی دارد به و عنوان حفاظت‌کننده اسمزی، باعث پایداری پروتئین‌ها و غشاها می‌شود (سانچز[14] و همکاران، ۱۹۹۸).

جمالی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به منظور بررسی اثر رژیم‌های تلفیقی آب دریا (نیم در میان، یک در میان و اختلاط ۵۰:۵۰ آب دریا و آب چاه) بر عملکرد و اجزای عملکرد تره ایرانی نشان دادند که رژیم‌های آبیاری بر صفات شاخص سبزینگی، وزن تر اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، وزن تر و خشک ریشه در سطح یک درصد و بر وزن خشک اندام هوایی و طول ریشه در سطح پنج درصد معنادار بود. تیمار متناوب نیم در میان، متناوب یک در میان و اختلاط آب شور دریا به کاهش ۱۲/۱، ۲۴/۹ و ۳۳/۷ درصدی عملکرد انجامید. ایشان اظهار کردند که تیمار آبیاری نیم در میان به دلیل اعمال شوری خاک کمتر و امکان دستیابی بیشتر به آب معمولی در لایهٔ سطحی، بهترین عملکرد را در مقایسه با تیمارهای شوری مورد بررسی داشت.

با توجه به وضعیت اقلیمی وجغرافیایی کشور و عواملی مانند تغییر اقلیم، محدودیت آبی ووجود خاک‌هایی با محدودیت شوری، کشت گیاهان سازگار با چنین شرایطی ازمهمترین راهکارهای رسیدن به امنیت غذایی در کشور به شمار می‌رود. کینوا گیاهی با ارزش غذایی مطلوب و پتانسیل بالای رشد و تولید در شرایط نامساعد محیطی است. ایران دارای تنوع اقلیمی متنوعی است به‌عنوان مثال کشت کینوا از نظرتولید بخصوص درمناطق جنوبی موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار وایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. کینوا از آنجا که گیاهی دارویی و همچنین بدون گلوتن است، غذایی ارزشمند بوده وبه سلامت جامعه نیز کمک خواهد نمود (جمالی و همکاران، ۱۳۹۵)، از این‌رو پژوهش حاضر به منظور بررسی امکان کشت گیاه کینوا در شرایط شوری آب آبیاری و شیوه‌های مدیریتی استفاده از آب شور و لب شور جهت آبیاری کینوا در استان خراسان رضوی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ به صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح کاملا تصادفی با شش تیمار و در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق عبارت بود از W_1: تیمارشاهد (آبیاری با آب چاه به‌صورت سطحی درتمام طول فصل رشد)، W_2: آب شور با شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر (آبیاری با آب شور درتمام طول فصل رشد)، W_3: آب شور به‌صورت یک در میان (آبیاری به صورت یک در میان، یک بار آب شور وبار دیگر با آب چاه)، W_4: اختلاط ۵۰:۵۰ آب شور و آب چاه، W_5: آب شور بصورت زیر سطحی و W_6: آبیاری با آب چاه به صورت زیر سطحی بوده (با توجه به اینکه آبیاری این گیاه به صورت زیر سطحی با تیمارهای مدنظر مورد مطالعه قرار نگرفته بود از این تیمار استفاده شد.) و از مرحله‌ی چهار برگی شدن بوته‌ها اعمال شد (شکل ۱).

12 Ingram and Bartels
13 Bohnert
14 Sanchez

W11	W33	W31
W43	W61	W22
W51	W41	W62
W32	W13	W21
W63	W23	W52
W53	W42	W12

شکل ۱- شماتیک چیدمان گلدان‌ها در گلخانه

خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در جداول ۱ ارائه شده است. آب شور مورد استفاده در این پژوهش از انحلال نمک‌های NaCl، $CaCl_2$ و $MgCl_2$ به نسبت ۱:۱:۲ بود. قبل از کاشت، نمونه مرکبی از خاک مزرعه با نسبت ۳۰ درصد خاک (که از قبل سرند شده بود)، ۳۰ درصد ماسه، ۲۰ درصد کود گاوی پوسیده و ۲۰ درصد پرلیت تهیه شده وجهت تجزیه‌های فیزیکی وشیمیایی خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها بعد از خشک شدن از الک دو میلی‌متری عبور داده و برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده شد. قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به وسیله‌ی هدایت سنج الکتریکی واسیدیته خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر، چگالی ظاهری خاک به روش استوانه‌ای (در مزرعه)، نیتروژن کود گاوی با استفاده از روش کجلدال، سدیم و پتاسیم با استفاده از روش فلیم‌فتومتری اندازه‌گیری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

کیفیت آب	ترکیبات شیمیایی									
	SAR	Na (meq/L)	K (meq/L)	Ca (meq/L)	Mg (meq/L)	Cl (meq/L)	SO_4 (meq/L)	HCO_3 (meq/L)	$EC_{25}^{\#}$ (dS/m)	pH
آب چاه	۱/۷۳	۴/۱	۰/۶	۴/۴	۲/۸	۲/۴	۱/۷	۷/۸	۱/۲	۸/۲
اختلاط ۵۰:۵۰	۸/۵۹	۳۴/۷	۰/۵۷	۱۳/۵	۲۰/۱	۳۹/۶	۱۸/۲	۱۰/۹	۷/۲	۸/۰۵
آب شور	۱۷/۰۲	۸۹/۴	۰/۸۲	۲۵/۶	۲۹/۶	۹۶/۱	۳۱/۹	۱۶/۴	۱۵	۷/۸

EC_{25} هدایت الکتریکی آب در دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	درصد			ظرفیت زراعی (درصد)	چگالی ظاهری	هدایت الکتریکی	pH	نیتروژن	کربن آلی	فسفر	پتاسیم
	رس	سیلت	شن		gcm^{-3}	dSm^{-1}		درصد		$mgKg^{-1}$	
سیلتی لومی	۲۱	۵۳	۲۶	۲۶	۱/۳۴	۱/۲	۷/۸۵	۰/۰۵۱	۰/۶۵	۱۱	۱۰۶/۴

در این پژوهش، از گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. گلدان‌ها بر روی زمین قرار گرفته و در تاریخ ۱۰ دی ۱۳۹۶ ده بذر گیاه دارویی کینوا رقم Titicaca کاشته شد. بوته‌های اضافی پس از استقرار گیاه در مرحله چهار برگی به سه گیاه در گلدان تقلیل یافت. پس از استقرار کامل گیاه در گلدان‌ها، تیمارهای آبیاری اعمال شد (تا مرحله چهار برگی چهار دوره آبیاری با آب چاه و به میزان هر نوبت ۵۰۰ میلی‌لیتر اعمال شده) و پس از اعمال تیمارهای شوری نیز ۱۸ نوبت و هر نوبت به میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر آبیاری انجام شد. دورآبیاری دراین طرح متغییر وعمق آبیاری ثابت بوده که با استفاده از روش وزنی تعیین شد. تا مرحله استقرار گیاه، آبیاری تمام تیمارها با استفاده از آب چاه و به میزان حد ظرفیت زراعی (FC) انجام شد و

سپس اعمال تیمارها صورت پذیرفت. دور آبیاری بر اساس رطوبت موجود در خاک که با استفاده از دستگاه TDR تعیین شد، اعمال گردید. وجین علف های هرز با دست و در طی چهار مرحله انجام شد. جهت اعمال تیمار آبیاری زیر سطحی، گلدان‌ها درون ظروفی قرار داده شده که برای جلوگیری از تبخیر از سطح ظرف بر روی آن از ورق آلومینیومی استفاده شد و در هر نوبت آبیاری میزان آب مصرفی گیاه (بر اساس ظرفیت زراعی) در آن ظروف ریخته شده تا توسط گیاه جذب گردد. در انتهای آزمایش و پس از اینکه گیاهان وارد مرحله گلدهی شدند یکی از بوته‌ها برداشت شده و از طرفی با توجه به اینکه گیاه کینوا بصورت خام نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد در این پژوهش در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹۶ گیاهان مربوط به تیمارهای مختلف کف‌بری شده و به آزمایشگاه منتقل شد. جهت اندازه‌گیری صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه و سنبله نیز گیاهان در تاریخ یک اردیبهشت ۱۳۹۷ برداشت شدند. صفات فیزیولوژیکی و زراعی برداشت شده برای تمامی گیاهان (سه بوته در هر گلدان) شامل طول ریشه (با استفاده از خط‌کش)، وزن هزار دانه، وزن تر برگ، ساقه و ریشه، عملکرد سنبله که همان وزن سنبله‌های موجود در هر بوته بوده و عملکرد دانه (با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد) بود. مقدار کل قندهای محلول به روش فنل-اسیدسولفوریک اندازه‌گیری شد. پیش از شروع کار سه محلول سولفات روی پنج درصد، هیدروکسید باریم ۰/۳ نرمال و محلول پنج درصد فنل تهیه گردید. در ابتدا نمونه برگی و ساقه خشک شده (در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت) را آسیاب نموده واز الک با مش ۸# عبور داده شد. پس از این ۰/۱ گرم پودر را با ۱۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط کرده و لوله‌های آزمایشی درپوش دار به مدت ۲۰ دقیقه بر روی شیکر قرار داده شد. پس از آن لوله‌های آزمایش را به مدت ۱۰ دقیقه (جهت جداسازی فاز مایع از جامد) درون سانتری فیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه قرا داده شد و بعد از آن نمونه‌های مایع جدا شده به مدت یک ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد (جهت تبخیر اتانول) قرا داده شد و بعد از تبخیر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌ها افزوده شده و جهت حذف رسوبات اضافی از پنج میلی‌لیتر سولفات روی پنج درصد و ٤/٧ میلی‌لیتر هیدروکسید باریم ۰/۳ نرمال استفاده شد. پس از آن ٤٥ میلی‌لیتر از هر نمونه برداشته و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور درون سانتریفیوژ قرار گرفت. دو میلی‌لیتر از عصاره شناور را برداشته و بدان یک میلی‌لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه شد، بطوری‌که رنگ نمونه‌ها به نارنجی تغییر کرد و در انتها پس از ٤٥ دقیقه وباتثبیت رنگ قهوه‌ای مای لبه زرد، میزان جذب نور را با دستگاه اسپکتروفتومتر درطول موج ٤٨٥ نانومتر قرائت گردید (آتشی و مشایخی، ۱۳۹۵). درانتها نتایج با نرم افزار SAS (ver. 9.0) مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده ازآزمون LSD درسطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

پس از اجرای طرح و کف بری گیاهان خاک آنها نیز مورد آزمایش قرار گرفته و در جدول (۳) شوری و pH خاک قبل و بعد از اجرای آزمایش نشان داده شده است. نتایج آزمایش خاک نشان داد که استفاده آب شور به‌صورت یک در میان نسبت به سایر روش‌های تلفیقی مورد استفاده تجمع املاح کمتری را داشته است. پس از این تیمار، تیمار آبیاری زیر سطحی با آب شور نیز پروفیل خاک را کمتر از سایرین مورد خطر تجمع شور قرار داده است. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر صفات شوری و اسیدیته عصاره اشباع خاک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری می باشد.

پس از انجام آزمایشات مورد نظر پارامترهایی نظیر کل کربوهیدرات محلول برگ و ساقه؛ وزن تر برگ، ساقه و ریشه؛ طول ریشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و سنبله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آنها مطابق جدول ٤ است. نتایج نشان دهنده‌ی اثر معنی‌دار

مدیریت تلفیقی آب شور بر کل کربوهیدرات محلول برگ و ساقه؛ وزن تر ریشه، طول ریشه، وزن هزار دانه و عملکرد سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر وزن تر برگ و ساقه و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

وزن تر برگ، ساقه و ریشه

بیشترین میزان وزن تر برگ، ساقه و ریشه (شکل ۱) به‌ترتیب با ۱٤/۳، ۱۷/٥٦ (در تیمار آبیاری زیر سطحی با آب چاه) و ۱٦/۷ گرم در تک بوته (در تیمار آبیاری با آب چاه) و کمترین مقدار با ٦/٥، ۸/۲ و ٦ گرم در تیمار استفاده از آب شور در کل دوره رشد مشاهده شد. همچنین تیمار آبیاری زیر سطحی آب شور نسبت به تیمارهای دیگر استفاده از آب شور اثر منفی کمتری بر روی گیاه ایجاد کرد. از طرفی نتایج مطابق شکل (۱) نشان داد که بین تیمارهای یک در میان و آبیاری زیر سطحی با آب شور اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد در صفت وزن تر برگ وجود نداشت.

جدول ۳- تغییرات شوری و pH خاک در تیمارهای مختلف تحت کشت کینوا

تیمار	EC		pH	
	در زمان کاشت	بعد از اعمال تیمار	در زمان کاشت	بعد از اعمال تیمار
شاهد	1.2	4.6 d	7.46	7.49 b
آب شور با شوری ۱۵ دسی‌زیمنس		27.8 a		7.34 c
آب شور به صورت یک در میان		18.3 c		7.47 b
اختلاط ۵۰:۵۰ آب شور و چاه		23.6 b		7.59 a
آب شور به‌صورت زیر سطحی		19.7 c		7.16 d
آب چاه به‌صورت زیر سطحی		4.8 d		7.42 b

جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی گیاه کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		کل کربوهیدرات محلول برگ	کل کربوهیدرات محلول ساقه	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	طول ریشه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد سنبله
رژیم‌های تلفیقی آب شور	5	1985.3 **	3073.3 **	27.8 *	41.9 *	62.8 **	29.6 **	0.36 **	3.69 *	4.5 **
خطا	12	5.27	6.7	2.3	1.3	1.1	0.2	0.001	0.02	0.001
ضریب تغییرات		2.9	3.3	4.1	2.7	10.6	3.4	1.1	1.5	1.4

**: معنی‌داری در سطح یک درصد، *: معنی‌داری در سطح پنج درصد، ns غیرمعنی‌دار

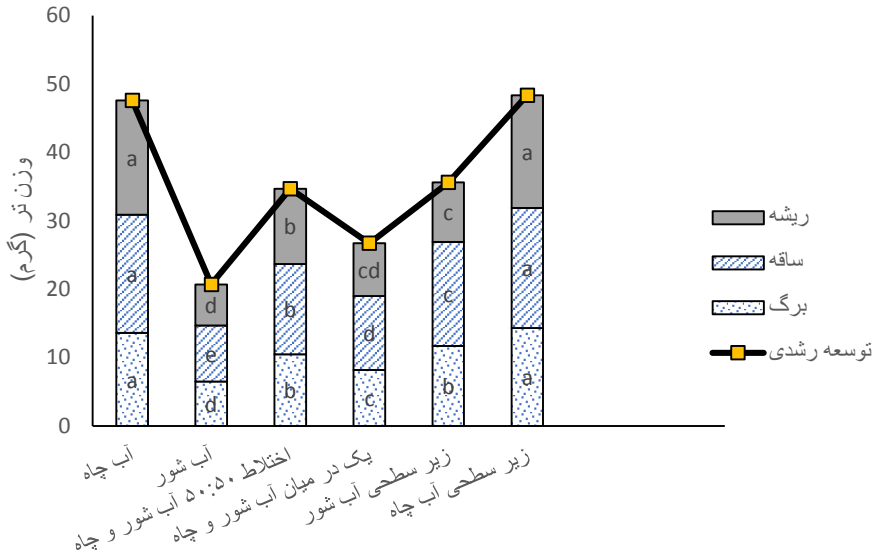
در صفت وزن تر ریشه نیز بین تیمارهای آبیاری با آب شور و اختلاط آب شور و چاه و بین تیمارهای اختلاط آب شور و چاه و آبیاری زیر سطحی با آب شور در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. از طرفی نتایج نشان داد که بین تیمارهای آب چاه و آبیاری زیر سطحی با آب چاه اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد در صفات وزن تر برگ، ساقه و ریشه وجود نداشت. لازم به ذکر است در شکل (۱) تمامی اعداد ستون‌ها میانگین سه تکرار بوده و حروف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارهاست. نتایج نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری منجر به کاهش توسعه رشدی گیاه شده است. ذخیره انرژی متابولیکی ممکن است اساس کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری باشد. یکی از شاخص‌های مؤثر در تحمل به

شـوری گیاهان، تنظیم اسمزی سلول و حفظ آماس سلولی اسـت که با ساخت مواد آلی نظیربتائین، گلایسین، پرولین، سـوربیتول و مانیتولل انجام می‌شـود. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسـمزی بیشتر شده و انرژی رشد کـاهش می‌یـابـد (بلوخنیا[15] و همکاران، ۲۰۰۳). از طرفی ریشـــه وظیفـه جذب مواد غذایی و آب را برعهده دارد و تنش شـوری عمدتاً از ناحیه ریشـه به گیاه وارد می‌شـود؛ بنابراین ریشـه اولین اندامی است که با تنش شوری مواجه است و با توجه به تنظیم اسمزی و مکانیزم‌های اجتنابی که در جهت کاهش اثر شوری انجام می‌دهد (بلوم[16]، ۱۹۹۸). مقدار زیادی از انرژی که از اندام‌های هوایی جهت رشـد دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید. این عمل باعث کاهش کارآیی ریشه در جذب عناصر غذایی و آب بری سایر اندام‌ها می‌شود و مجموع این عوامل ممکن است کاهش وزن ریشه را بدنبال داشته باشد.

نتایج این تحقیق با نتایج جمالی (۱۳۹۵) بر روی کینوا، رزاقی و همکـاران (۲۰۱۲) بر روی کینوا، کوکوزا و همکاران (۲۰۱۳) بر روی کینوا، عیسی و همکاران (۲۰۱۲) بر روی کینوا، عبید[17] و همکاران (۲۰۰۱) بر روی ذرت و دانشـور و کیانی (۱۳۸۳) بر روی سـنجد مطابقت داشـت. کـافی و همکاران (۱۳۸۸) اظهار کردند که کاهش عملکرد زیستی در اثر شوری در ارقام مختلف گیاهی متفاوت بوده و ارقـام مقاوم نسـبت به ارقام حسـاس، از کاهش وزن کمتری برخوردار هسـتنـد. نباتی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود اظهار کردند که با افزایش تنش شـوری ارتفاع بوتـه، وزن تر و خشـک انـدام هوایی کاهش می‌یابد، بطوری‌که نتایج این تحقیق با نتایج ایشـان مطابقت داشت. کاهش وزن خشـک اندام هوایی تحت شـرایط شـوری را می‌توان ناشی از اثرات مضر شوری (اختلالات تغذیه‌ای و سـمیت یونی) بر رشـد اندام‌های هوایی دانسـت (جئو و تانگ[18]، ۱۹۹۹). با قرار گرفتن گیاه در محیط شور، سرعت رشد برگ‌های در حال توسعه کاهش یافته، ظهور برگ‌های جدید آهسـته‌تر و در صـورت ادامه تنش متوقف شـده، هدایت روزنه‌ای، تعرق و فتوسـنتز برگ‌ها کاهش یافته، پنجه‌ها، شـاخه‌ها و شـاخساره‌های کمتری تشکیل می‌شود (کـافی و همکـاران، ۱۳۸۹). قرار گیری طولانی مـدت در معرض شـوری و همزمانی آن با افزایش درجه حرارت در طول دوره رشـد گیاه سبب افزایش تجمع شوری در برگ و به دنبال آن تسـریع پیری برگ در واریته‌های حسـاس می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

در این شـرایط سـطح برگ گیـاه نیز به مقدار زیادی کاهش یافته که سـبب کاهش توان فتوسـنتزی گیاه می‌شود و در نتیجه میزان ماده خشک اندام‌های گیاه کاهش می‌یابد (مانس[19]، ۱۹۹۳). از طرفی با گذشت زمان، کاهش حجیم شدن سلول و نیزکندی تقسیم سلولی برگ مشاهده شده و اندازه نهایی آن کوچک می‌شود. با ادامه یافتن تنش شـوری، غلظت یون‌ها در برگ‌های مسـن به حد سـمیت رسـیده، بنابراین آنها زودتر می‌میرند (مانس[20] و تسـتر، ۲۰۰۸). همچنین در شـرایط تنش شـوری، گیاه به منظور حفظ فعـالیـت‌هـای متابولیکی خود نیازمند تولید حفاظت کننده‌های اسـمزی و نیز تنظیم اسـمزی به منظور حفاظت پروتئین‌هـای غشـای سـلولی و نیز حفاظت آنزیم‌ها از تخریب می‌باشـد و باید برای تعادل فشـار اسمزی، یون‌ها در واکوئل‌ها، سـیتوسـول و دیگر اندامک‌ها انباشـته شوند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). بر اسـاس شـکل (۱) بیشـترین میزان توسـعه رشـدی گیاه کینوا در شـرایط آبیاری با آب چاه و اعمال رژیم‌های تلفیقی آب شور در تیمار آبیاری با آب چاه به‌صـورت زیر سطحی و کمترین مقدار مربوط به آبیاری با آبیاری با آب شـور درتمام طول فصـل رشـد مشاهده شد.

15 Blokhina
16 Blum
17 Abid
18 Gou and Tang
19 Munns
20 Munns and Tester

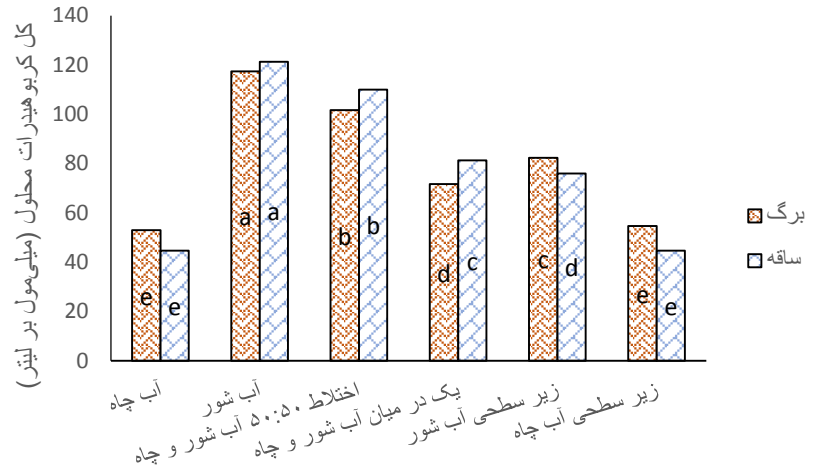


شکل ۱- بررسی اثر رژیم‌های تلفیقی آب شور بر توسعه رشدی گیاه و وزن تر اندام‌های مختلف گیاه

کل کربوهیدرات محلول برگ و ساقه

بیشترین میزان کربوهیدرات محلول برگ و ساقه (شکل ۲) در تیمار آبیاری با آب شور در تمامی فصل رشد بترتیب با ۱۱۷/۳ و ۱۲۱/۳ میلی‌مول بر لیتر و کمترین مقدار با ۵۳ و ٤٤/۷ میلی‌مول بر لیتر در تیمار استفاده از آب چاه مشاهده شد. از طرفی نتایج نشان داد که بین تمامی تیمارهای مورد بررسی (بجز آبیاری با آب چاه و زیر سطحی با آب چاه) اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد در صفت کل کربوهیدرات محلول برگ و ساقه وجود داشت. از جمله عکس العمل‌های متابولیکی به تنش شوری سنتز اسمولیت‌های سازگار است. این ترکیبات آلی در تنظیم اسمزی دخالت دارند و موجب حفاظت ساختمان ارگانل‌های مختلف سلول از خسارت های اکسیداتیو می‌شود (اسمرینوف[21]، ۱۹۹۳). تغییرات قندهای محلول و فروکتان‌هاشاخص حساس و مناسبی جهت ارزیابی تحمل به خشکی و یا شوری جهت گزینش بین ارقام می‌تواند باشد (کرپسی و گالیب[22]، ۲۰۰۰). افزایش در غلظت ساکارز و سطح قندهای محلول تحت شرایط تنش شوری در سازگاری و ایجاد تحمل به شوری احتمالا نقش دارد (گلات[23] و همکاران، ۲۰۰۵). جهت تعادل یونی در واکوئل، سیتوپلاسم موادی با وزن مولکولی کم به‌نام مواد سازگار تولید می‌کند. این مواد در واکنش‌های بیوشیمیایی سلول اختلال ایجاد نکرده و موجب حفظ تعادل اسمزی و ادامه جذب آب، حفظ ساختارهای سلولی، ترکیبات پروتئینی و آنزیمی می‌شود. این مواد شامل پرولین، گلیسین بتائین و پولیول‌ها می باشد. دن پولیول‌ها قندهای غیر احیایی هستند که میزان زیادی کربن در شرایط تنش ذخیره می‌کنند. کربوهیدرات‌هایی مانند قندها (گلوکز، فروکتوز و ساکارز) و نشاسته تحت تنش تجمع می‌یابند که نقش اصلی آنهاحفاظت اسمزی، تنظیم اسمزی و ذخیره کربن است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

21 Smirnoff
22 Kerepesi and Galiba
23 Gehlot

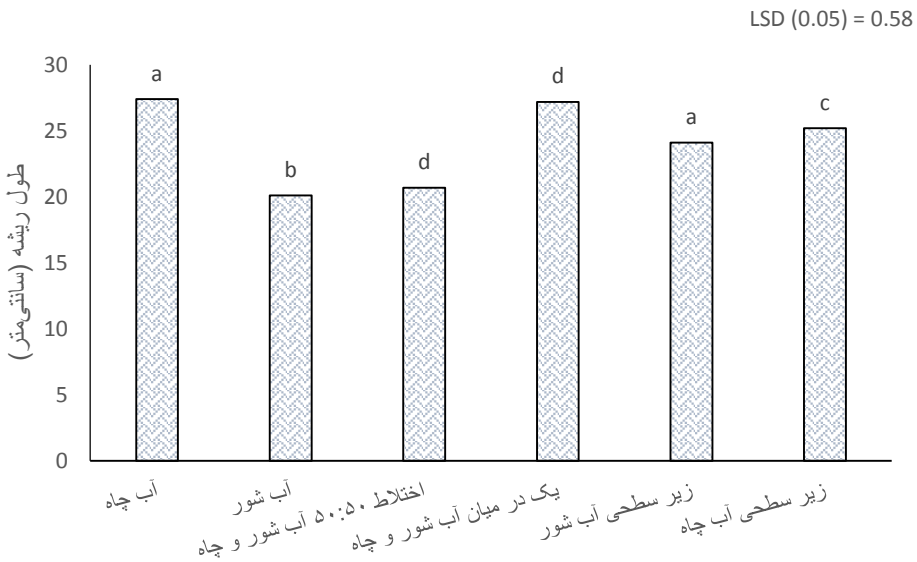


شکل ۲- اثر رژیم‌های تلفیقی آب شور بر کل کربوهیدرات محلول در اندام‌های مختلف گیاه کینوا

طول ریشه

بیشترین میزان طول ریشه (شکل ۳) در تیمار استفاده از آب چاه با ۲۷/٤ سانتی‌متر و کمترین مقدار با ۲۰/۱ سانتی‌متر در تیمار آبیاری با آب شور در تمامی فصل رشد مشاهده شد. از طرفی نتایج نشان داد که بین تیمارهای آبیاری با آب شور در تمامی طول رشد و اختلاط ۵۰:۵۰ آب شور و آب چاه و همچنین بین تیمارهای یک در میان آب شور و آب چاه و تیمار آبیاری با آب چاه در تمامی فصل رشد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد در صفت مذکور وجود نداشت. شوری سبب ایجاد اثرات منفی در ارتباط با رشد و نمو گیاه می شود. کاهش در میزان فعالیت سلول‌های مریستمی و جلوگیری از طویل شدن سلول نتیجه تغییر در روابط آبی گیاهان تحت تنش شوری شده می‌باشد (ادریس[24] و همکاران، ۲۰۱۱). تنش شوری باعث عدم تعادل پتانسیل آبی بین آپوپلاست و سیمپلاست و کاهش فشار آماسی می‌شود که نتیجه آن کاهش رشد است (بونهرت[25] و همکاران، ۱۹۹۵). گزارشات متعددی مبنی بر کاهش بیوماس گیاه تحت تنش شوری عنوان شده است. در تحقیقی روی گیاه کتان کاهش ارتفاع بخش هوایی و وزن گیاه تحت شرایط تنش شوری گزارش شده است (ملانی[26] و همکاران، ۲۰۰٤). در این تحقیق نیز تنش شوری باعث کاهش میزان وزن خشک و طول ریشه و بخش هوایی در گیاه کینوا شد که با نتایج گزارش شده در این زمینه توسط سایر محققین نظیر عیسی و همکاران (۲۰۱۲) بر روی کینوا مطابقت دارد.

24 Idress
25 Bohnert
26 Meloni



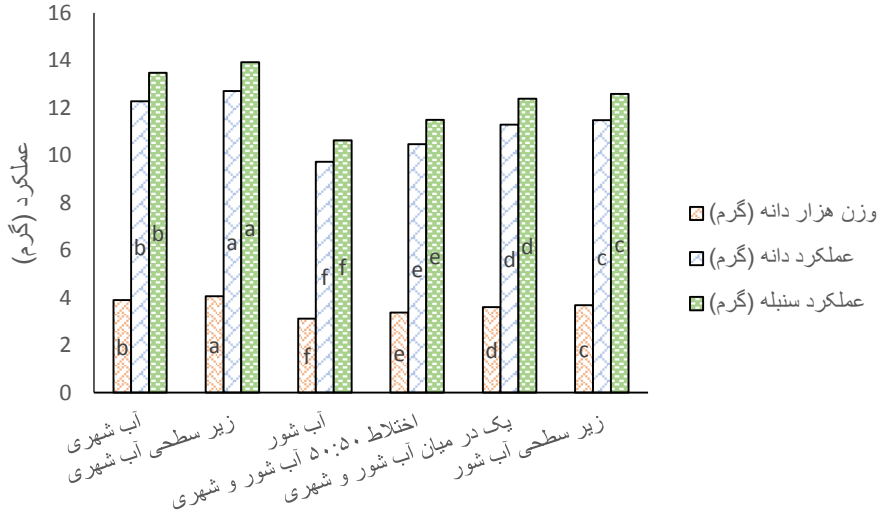
شکل ۳- اثر رژیم‌های تلفیقی آب شور بر طول ریشه گیاه کینوا

وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد سنبله

بیشترین میزان وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد سنبله (شکل ٤) در تیمار آبیاری زیر سطحی با آب چاه بترتیب با ٤/۰۷، ۱۲/۷ و ۱۳/۹۲ گرم در تک بوته و کمترین مقدار با ۳/۱۲، ۹/۷۳ و ۱۰/٦۳ گرم در تیمار استفاده از آب شور در کل دوره رشد مشاهده شد. همچنین تیمار آبیاری زیر سطحی آب شور نسبت به سه تیمار دیگر اثر منفی کمتری بر روی گیاه ایجاد کرد. از طرفی نتایج نشان داد که بین تمامی تیمارهای مورد بررسی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار آماری در صفات مذکور وجود داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از تیمارهای آبیاری زیر سطحی با آب چاه، آب شور در کل دوره رشد، اختلاط آب شور و آب چاه، تیمار یک در میان آب شور و چاه و آبیاری زیر سطحی با آب شور به‌ترتیب منجر به افزایش ٤/٤ درصدی و کاهش ۲۰، ۱۳/٦، ۷/۷ و ٥/٦ درصدی وزن هزار دانه شد. همچنین تیمارهای فوق به‌ترتیب سبب افزایش ۳/٤ درصدی و کاهش ۲۰/۸، ۱٤/۷، ۸/۱ و ٦/٥ درصدی عملکرد دانه شد. ازجمله دلایل اصلی آسیب نمک درگیاهان، عدم تعادل کاتیون‌ها و آنیون‌های ضروری و تغییر ظرفیت نگهداری آب و سمیت حاصل از غلظت زیاد یون‌های نمک است، به‌طوری‌که در پژوهش‌های دیگران نیز به این مهم اشاره شده است. ماس و گریو[۲۷] (۱۹۹۰) گزارش کردندکه شوری اجزای عملکرد را بسته به اینکه تنش در چه زمانی بر گیاه وارد شده باشد، تحت تأثیر قرار می‌دهد. پوستینی (۱۳۸۱) همبستگی معنی‌دار مشاهده شده بین وزن دانه و طول دوره پر شدن دانه را در شرایط شور، بیانگر نقش مؤثر دوام این دوره در تحمل به شوری دانست. نبی‌زاده مرودوست[۲۸] و همکاران (۲۰۰۳) علت دیگرکاهش وزن دانه را تغییر در مسیر مواد فتوسنتزی و مواد پرورده جهت مقابله با اثرات تنش شوری بیان کردند. از طرفی ایشان اظهار داشتند که کاهش تعداد دانه در گیاه را شاید بتوان به اثر سمیت تجمع نمک در شرایط شوری در مرحله پر شدن دانه‌ها مرتبط دانست. از طرفی به نظر می‌رسد که در شرایط شور، جذب مواد غذایی مختل شده و لذا کمبود مواد غذایی ممکن است باعث عدم تکامل و توسعه دانه‌ها گردد. در پژوهشی دیگر فرانسیس[۲۹] و همکاران (۱۹۹٤) بیان کردند که شوری سقط گل‌ها را در گیاه افزایش داده و رقابت بین دانه‌ها و سایر اندام‌های گیاه را تشدید می‌کند، از طرفی فراهمی مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه را

27 Mass and Griev
28 NabizadehMarvdust
29 Francois

محدود کرده و در نهایت تعداد دانه در هر سنبله را کاهش می‌دهـد. نتایج این تحقیق با نتایج جمالی (۱۳۹۵) بر روی کینوا، رزاقی و همکاران (۲۰۱۲) بر روی کینوا و کویرو و عیسی (۲۰۰۸) بر روی کینوا مطابقت داشت.



شکل ۴- اثر رژیم‌های تلفیقی آب شور بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد سنبله گیاه کینوا

نتیجه‌گیری

شوری بر بسیاری از خصوصیات زیستی گیاهان اثر منفی و نامطلوبی دارد. در این تحقیق نیز مشخص شد که افزایش شوری آب آبیاری بر وزن تر برگ، ساقه و ریشه، کل کربوهیدرات محلول در برگ و ساقه و طول ریشه گیاه دارویی کینوا رقم Titicaca اثر منفی داشته است. حداکثر وزن تر اندام‌های مختلف گیاه به ترتیب به میزان ۱۳/٦، ۱۷/۳ و ۱٦/۷ گرم مربوط به آبیاری با آب چاه بود. تیمار آبیاری زیر سطحی آب چاه بیشترین میزان را داشته و در شرایط استفاده از آب شور تیمارهای آبیاری زیر سطحی آب شور و یک در میان آب شور در تمامی صفات بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است. آبیاری زیر سطحی با آب شور منجر به کاهش وزن تر برگ، ساقه و ریشه به میزان ۱٤/۰، ۱۲/۱ و ٤۷/۹ درصدی شد. آبیاری زیر سطحی با آب شور منجر به افزایش کربوهیدرات محلول برگ و ساقه نسبت به تیمار شاهد به میزان ۵۵/۳ و ۷۰/۰۹ درصدی شد. آبیاری یک در میان با آب شور و چاه نیز منجر به کاهش وزن تر برگ، ساقه و ریشه به میزان ۲۲/۸، ۲۳/۷ و ۳٤/۱ درصدی شد. در پژوهش حاضر روی گیاه دارویی کینوا، نتایج نشان داد که روش تناوبی بر گزینه اختلاط آب شور و چاه برتری داشته است. هم‌چنین پس از تیمار آبیاری یک در میان با آب شور و چاه، آبیاری به صورت زیر سطحی با آب شور بر آبیاری سطحی ارجحیت دارد. با توجه به این‌که آبیاری یک در میان حجمی آب شور و چاه نسبت به تیمارهای دیگر (اختلاط و آبیاری با آب شور در کل دوره رشد) منجر به افت کمتر اکثر صفات اندازه‌گیری شده بود، لذا این تیمار جهت آبیاری گیاه کینوا در شرایط آبیاری سطحی با آب شور توصیه می‌شود.

فهرست منابع

۱. آتشی، ص. و ک.، مشایخی. ۱۳۹۵. راهنمای آزمایشات فیزیولوژی گیاهی (بررسی‌های قبل و پس از برداشت گیاهان). تحقیقات آموزش کشاورزی. ۳۱۸ صفحه.

۲. پوستینی،ک. ۱۳۸۱. ارزیابی ۳۰رقم گندم ازنظرواکنش به تنش شوری .مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳: ۵۷-٦٤ ص.

۳. جمالی، ص. ۱۳۹۵. بررسی اثرسطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده مهندسی آب وخاک. دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان.

٤. جمالی، ص.، ح.، شریفان، ا.، هزارجریبی. و ن.ع.، سپهوند. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد دو رقم گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd*). نشریه علمی پژوهشی حفاظت منابع آب و خاک. ٦(۱): ۸۷-۹۸.

۵. جمالی، ص.، ح.، شریفان. و ف.، سجادی. ۱۳۹٦. امکان‌سنجی استفاده از آب دریای خزر جهت آبیاری گیاه تره ایرانی. مدیریت آب و آبیاری. ۷(۱): ۲۹-٤۲.

٦. دانشور، ح.ع. و ب.، کیانی. ۱۳۸۳. بررسی اثر شوری بر چند رقم محلی سنجد (*Elaeagnus angustifolia*) در استان اصفهان. پژوهش و سازندگی. ٦۵: ۷٦-۸۳.

۷. کافی، م.، ا.، برزویی، م.، صالحی، ا.، کمندی، ع.، معصومی. و ج.، نباتی. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان.انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۸. کافی، م.، م.، صالحی. و ح.ر.، عشقی‌زاده. ۱۳۸۹. کشاورزی شورزیست. راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک (تالیف). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۹. نباتی، ج.، م.، کافی، ا.، نظامی، پ.، رضوانی مقدم، ع.، معصومی. و م.، زارع مهرجردی. ۱۳۹۳. اثر زمان اعمال سطوح مختلف تنش شوری بر برخی ویژگیهای کمی و کیفی علوفه کوشیا. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(٤): ٦۱۳-٦۲۰ ص.

10. Abid, M., A. Qayyum, A.A. Dastai, and R. AbdulWajid. 2001. Effect of Salinity and SAR of Irrigation water on yield, Physiological growth parameters of Maiz (Zeamayes L.) and Preperties of the soil. J. Research (science), Bahaudin Zakariya University, Multan Pakistan. 12 (1): 26-330.

11. Blokhina, O., E. Virolainen, and K.V. Fagestedt. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. Annuals of Botany. 91: 179-194.

12. Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA. 233 p.

13. Bohnert, H.J., D.E. Nelson, R.G. Jensen. 1995. Adaptation to environmental stresses. Plant Cell 7: 1099–1111.

14. Bohnert, H.J., D.E. Nelson, and R.G. Jensen. 1999. Adaptations to environmental stresses. Plant Cell 7: 1099-1111.

15. Bonales-Alatorre, E., I. Pottosin, L. Shabala, Z.H. Chen, F. Zeng, S.E. Jacobsen, and S. Shabala. 2013. Differential activity of plasma and vacuolar membrane transporters contributes to genotypic differences in salinity tolerance in a halophyte species, Chenopodium quinoa. International Journal of Molecular Sciences. 14(5): 9267-9285.

16. Cocozza, C., C. Pulvento, A. Lavini, M. Riccardi, R. d'Andria, and R. Tognetti. 2013. Effects of Increasing Salinity Stress and Decreasing Water Availability on Ecophysiological Traits of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Grown in a Mediterranean-Type Agroecosystem. Journal of agronomy and crop science. 199(4): 229-240.

17. Eisa, S., S. Hussin, N. Geissler, and H.W. Koyro. 2012. Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) as a potential cash crop halophyte. Australian Journal of Crop Science. 6(2):357.

18. Flowers, T. J. and S. A. Flowers. 2005. Why does salinity pose such a different problem for plant breeders Agric. Water Management. 78: 15-24.
19. Francois, L.E., E.V. Grieve, E.V. Mass and S.M. Leseh. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal. 86:100-107.
20. Gehlot, H.S., A. Purohit, and N.S. Shekhawat. 2005. Metabolic changes and protein patterns associated with adaptation to salinity in Sesamum indicum cultivars. Journal of Cell and Molecular Biology. 4: 31-39.
21. Guo, F., and Z.C. Tang. 1999. Reduced Na+ and K+ permeability of K+ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat. Chinese Science Bulletin. 44(9): 816-821.
22. Idress, M., M. Naeem, M. Nasir Khan, T. Aftab, A. Masroor, and K.H. Moinuddin. 2011. Alleviation of salt stress in lemongrass by salicylic acid. Protoplasma. 10: 314-330.
23. Ingram, J., and D. Bartels. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annual review of plant biology. 47: 377-403.
24. Jacobsen, S.E., A. Mujica, and C.R. Jensen. 2003. The resistance of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to adverse abiotic factors. Food Reviews International. 19(1-2: 99-109.
25. Kerepesi, I., and H. Galiba, 2000. Osmotic and salt stressinduced alteration in soluble carbohydrate in wheat seedlings. Crop Science. 40(2): 482-487.
26. Koyro, H.W., and S.S. Eisa. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of Chenopodium quinoa Willd. Plant and Soil. 302(1-2): 79-90.
27. Koyro, H.W., H. Lieth, and S.S. Eisa. 2008. Salt tolerance of chenopodium quinoa wild. Grains of the Andes: Influence of salinity on biomass production, yield, and composition of reziaves in the seeds, water and solute relations. Tasks for Vegetation Sciences. 43: 133-145.
28. Mass, E.V., and C.M. Griev. 1990. Spike and leaf development in salt stress of wheat. Crop Science. 30: 1309-1313.
29. Meloni, D.A., M. R. Gulotta, C.A. Martínez, and M.A. Oliva. 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in Prosopis Alba. Plant Physiology. 16(1): 39-46.
30. Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environment. 16: 15-24.
31. Munns, R., and M. Tester, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.
32. NabizadehMarvdust, M.R., M. Kafi, M.H. Rashed-MoHasel. 2003. Effect of salinity on growth, yield, collection of mineral and percentage of green cumin essence. Journal of Agricultural Sciences. 138: 53-60.
33. Razzaghi, F., F. Plauborg, S.E. Jacobsen, C.R. Jensen, and M.N. Andersen. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. Agricultural water management. 109: 20-29.
34. Ruiz-Carrasco, K., F. Antognoni, A.K. Coulibaly, S. Lizardi, A. Covarrubias, E.A. Martı´nez, M.A. Molina-Montenegro, S. Biondi, and A. Zurita-Silva. 2011. Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (Chenopodium quinoa Wild.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression. Plant Physiology and Biochemistry. 49: 1333–1341.
35. Sanchez, F.J., M. Manzanares, E.F. De Andres, J.L. Tenorio, and L. Ayerbe. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research. 59: 225-235.
36. Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New phytologist. 125(1): 27-58.

Effects of Water Quality and Irrigation Management on Growth and Yield of Quinoa

S. Jamali [1*] and H. Ansari

PhD candidate, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Saber.jamali@mail.um.ac.ir
Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Ansary@um.ac.ir

Abstract

In this study, six irrigation treatments including well water (1.23 $dS.m^{-1}$; control treatment), saline water (15 $dS.m^{-1}$), alternate saline water and freshwater, mixture of 50:50 saline and freshwater (7.2 $dS.m^{-1}$), subsurface irrigation with saline water (15 $dS.m^{-1}$), and subsurface irrigation with well water (1.23 $dS.m^{-1}$) were evaluated on some growth parameters, yield, and biochemical characteristics of Quinoa (CV. Titicaca). The research was done based on completely randomized design including 3 replications as pot planting in the Ferdowsi University of Mashhad, in greenhouse conditions, during 2017-2018. The results showed that the effect of different irrigation regimes on total soluble carbohydrate in leaf and stem, root fresh weight, and root length was significant at 1 percent level ($P<0.01$), while the leaf and stem fresh weight were significant at 5 percent level ($P<0.05$). Subsurface irrigation with saline water decreased leaf, stem, root fresh weight; grain yield, 1000 kernel weights, total soluble carbohydrate in leaf and stem by about 14%, 12.1%, 47.9%, 6.5%, and 5.6 %, respectively. Also, total soluble carbohydrate in leaf and stem increased by about 55.3% and 70.09 %, respectively. The alternate irrigation treatment decreased leaf, stem, root fresh weight, grain yield, and 1000 kernel weight by 22.8%, 23.7%, 34.1%, 8.1%, and 7.7%, respectively. Irrigation with saline water (15 $dS.m^{-1}$) during all of the growth stages decreased grain yield and 1000 kernel weights by 20.8% and 20.0 %, respectively. In this research, sub-surface irrigation treatment with freshwater was the optimum treatment with the highest yield. Thus, if saline water is used, alternate irrigation treatment is recommended.

Keywords: Alternate saline and fresh water irrigation, Sub-surface irrigation, Mixture of saline and fresh water, total soluble carbohydrate, Quinoa Titicaca cultivar

1- Corresponding author: PhD candidate, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
*- Received: June 2018, and Accepted: August 2019