مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹
۲۲۹-۲٤٤
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.14856.2999

بررسی اثر زایتونیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا تحت آبیاری با آب‌های نامتعارف

صابر جمالی[۱] و *حسین شریفان[۲]

[۱]دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،
[۲]دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: افزایش روزافزون جمعیت همگام با معضل بحران جهانی منابع آب شیرین، استفاده از منابع آبی نامتعارف در بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را ضروری می‌سازد. شرایط فیزیکی خاک یکی از عواملی است که می‌تواند تولید محصول را محدود کند. خاک‌هایی که دارای شرایط فیزیکی ضعیفی هستند، جذب آب و رشد و توسعه ریشه و هوادهی خاک را محدود می‌کند.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر توأم کیفیت‌های مختلف آب آبیاری و زایتونیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم *Titicaca* در سال ۱۳۹٦ آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل دوعاملی بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار در شرایط گلخانه‌ای و در گلدان اجرا گردید. کیفیت آب آبیاری (آب شهری، پساب شهری، پساب استخر ماهی و آب‌شور) و زایتونیک (صفر و ۱ کیلوگرم در مترمربع) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کیفیت آب آبیاری بر تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع، قطر ساقه، شاخص سبزینگی و سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. در این پژوهش نتایج نشان داد استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری منجر به افزایش همه صفات شد. سطوح زایتونیک نیز بر تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، قطر ساقه، شاخص سبزینگی و سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل نیز بر تعداد برگ و وزن خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شده و بر تعداد شاخه فرعی، وزن تر اندام هوایی و قطر ساقه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش نتایج نشان‌دهنده اثر منفی شوری بر روی همه صفات مورد بررسی بود، از طرفی استفاده از پساب استخر ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری منجر به افزایش همه صفات شد. تیمار پساب شهری و پساب

* مسئول مکاتبه: h_sharifan@um.ac.ir

استخر ماهی به‌ترتیب منجر به افزایش ٦/٩ و ١٢/٩ درصدی وزن تر اندام هوایی و ١٣/٢ و ١٦/٩ درصدی وزن خشک اندام هوایی شد. از طرفی آب‌شور منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی به‌میزان ٣١/٢ و ٣٩/٦ درصدی شد. استفاده از زایتونیک نیز منجر به افزایش ٤١/٤ و ١٦/٣ درصدی وزن تر و خشک اندام هوایی شد.

واژه‌های کلیدی: آب‌شور، پساب استخر ماهی، پساب تصفیه‌شده شهری، زایتونیک، کینوا

مقدمه

ازآن‌جایی‌که پساب فاضلاب جز آب‌های کم کیفیت محسوب می‌شود، کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی را برای انسان، خاک، گیاه و منابع آب به حداقل رساند (١٤). رشد روزافزون جمعیت جهان و افزایش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از یک‌سو خشک‌سالی‌های پی‌درپی باعث شده است که در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف آب افزایش یابد و در نتیجه فشار بسیار زیادی بر منابع آب وارد گردد و از کیفیت آن‌ها کاسته شود. کاربرد پساب برای آبیاری باید همیشه با تغییرات مهم در محیط‌زیست، جامعه و فواید آن مقایسه شود. هدف اولیه از استفاده از پساب تأمین آب آبیاری در زمین‌های کشاورزی است و بیش‌تر توجه به‌سمت استفاده از پساب در اراضی کشاورزی است (٢١).

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* .Willd)، یک گیاه دولپه‌ای با حدود ٩٣ درصد خودگشنی از کوه‌های آند کرانه غربی آمریکای لاتین (جنوبی) منشأ گرفته است (٩). گیاهی یک‌ساله بوده و به مادر دانه‌ها معروف است و جزو خانواده تاج‌خروسیان و زیر خانواده اسفناجیان بوده و شرایط رشد آن شبیه اسفناج است. برگ‌های آن شبیه اسفناج است و گل‌های آن از سفید تا قرمز متغیر است. بذرهای کوچک و به رنگ‌های متنوع از سفید تا تیره دارند. بذرها در گل‌آذین خوشه‌ای قرار دارند. این گیاه مانند گندم خودگرده‌افشان بوده و گاهی اوقات ١٠ تا ١٥ درصد دگرگرده‌افشانی از خود نشان می‌دهد. این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای قوی بوده و نسبت به استرس خشکی مقاوم است. طول دوره رشد این گیاه بین ٩٠ تا ١٢٥ روز متغیر است (٥).

هریچی و همکاران (٢٠١٢) در پژوهشی به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری بر ارقام (QM 1113, DO708) گیاه کینوا تحت آبیاری با پساب شهری نشان دادند که آبیاری با پساب شهری منجر به افزایش سطح برگ، وزن تر ریشه شده به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان سطح برگ در رقم DO708 و میزان ٥٠ درصد آب مشاهده شد (٨). القصیبی و همکاران (٢٠١٥) در پژوهش خود به‌منظور بررسی اثر آبیاری با آب‌شور بر رشد گیاه کینوا رقم Chipaya نشان دادند که بیش‌ترین میزان وزن هزاردانه با ٣/٤٩ گرم در تیمار شوری ١/٢٥ دسی‌زیمنس بر متر و کم‌ترین میزان آن نیز با ٢/٧٩ گرم در تیمار شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. ایشان بیان نمودند که افزایش شوری منجر به کاهش قطر ساقه، طول سنبله، وزن خشک دانه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ در بوته و سطح برگ و افزایش معنی‌دار پتانسیل آب برگ و کلروفیل شد (٢). پانوسیو و همکاران (٢٠١٤) به‌منظور بررسی اثر آبیاری با آب‌شور حاصل از اختلاط آب دریا و آب شهری بر جوانه‌زنی و عملکرد گیاه کینوا نشان دادند که افزایش شوری باعث کاهش طول ریشه، طول ساقه، مورفولوژی ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی گردید (١٧). جمالی (٢٠١٧) به‌منظور بررسی اثر آبیاری با آب دریای خزر بر

عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca نشان داد که افزایش شوری منجر به کاهش صفات مورد بررسی مانند ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، عملکرد دانه و وزن هزاردانه شد (۱۰). در مطالعه دیگر که در مزرعه لایسیمتری برای بررسی اثر شوری و خشکی سطح خاک بر روی راندمان، عملکرد و میزان محصول به‌ازای آب استفاده‌شده بر روی کینوا رقم Titicaca اجرا گردید، گیاه کینوا تا مرحله گلدهی تحت ۵ سطح شوری (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری) قرار گرفت. در طول دوره پر کردن دانه‌ها ۵ سطح شوری آب آبیاری به نصف میزان سطوح که در قبل از گلدهی اعمال می‌شد، تقلیل یافت ولی میزان آب آبیاری در هر دو مرحله (اعمال شوری با سطوح ۱۰ تا ٤۰ دسی‌زیمنس در مرحله قبل از گلدهی و شوری با سطوح ۵ تا ۲۰ دسی‌زیمنس بعد از گلدهی و در زمان پر کردن دانه‌ها) یکسان بود. نتایج نشان داد که افزایش شوری و کم آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه، وزن خشک اندام هوایی، شاخص برداشت، تعداد دانه و وزن دانه گردید. از طرفی افزایش شوری و کم آبیاری باعث افزایش عملکرد کاه گردید. از طرفی اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نشد (۱۸). الیوسفی و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به‌منظور بررسی اثر آبیاری با پساب شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم (QS 0938, QM 1113, DO708) گیاه کینوا نشان دادند که افزایش شوری پساب شهری بر روی عملکرد ارقام مختلف مورد بررسی اثری نداشته و بیشترین میزان عملکرد نیز با ۷/۰۳ تن در هکتار در رقم A211 مشاهده شد (٦).

نتایج پژوهش خان و همکاران (۲۰۱٤) بر روی گیاه تربچه نشان داد که عملکرد کل گیاه تربچه در اثر افزودن میزان سرب و آبیاری با پساب معنی‌دار نشد ولی در اثر آبیاری با پساب شهری بر روی قطر ریشه دارای معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بود (۱۳). حسن‌لی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثرات پساب شهری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در مرودشت شیراز گزارش کردند که آبیاری با پساب باعث افزایش بیش‌تر کارایی مصرف آب در مقایسه با آب تازه گردید اما تفاوت آن‌ها معنی‌دار نبود (۷). در پژوهشی دیگر نشان دادند که استفاده از پساب استخر ماهی در آبیاری قطره‌ای و بارانی بر روی گیاه سویا منجر به کاهش عملکرد نسبت به آب چاه در آبیاری قطره‌ای شد که دلیل آن می‌تواند مسدود شدن قطره‌چکان‌های مورداستفاده باشد، ولی در آبیاری بارانی باعث افزایش عملکرد گیاه سویا شد. استفاده از پساب در آبیاری قطره‌ای منجر به کاهش کارایی مصرف آب شده ولی در آبیاری بارانی منجر به افزایش آن شد. هم‌چنین ایشان نشان دادند که استفاده از پساب استخر ماهی در آبیاری بر روی تعداد برگ، ارتفاع بوته و محتوای نسبی کلروفیل اثر معنی‌داری در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ داشت (۱).

به‌منظور بررسی اثر زایتونیک آسون و همکاران (۲۰۱٤) در پژوهشی بر روی گیاه ذرت و فلفل دلمه نتایج نشان داد که استفاده از زایتونیک و ترکیب آن با کود باعث افزایش عملکرد در دو گیاه مذکور در کشور غنا شده و افزودن زایتونیک به خاک نسبت به عدم استفاده از آن بر روی جوانه‌زنی هر دو گیاه اثر مثبت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته است. هم‌چنین، نتایج پژوهش ایشان نشان داد که افزودن زایتونیک سبب افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه و وزن تر و خشک هر دو گیاه فلفل دلمه و ذرت در مناطق مورد بررسی در کشور غنا شده است. ایشان بیان نمودند که افزودن زایتونیک به خاک بر روی گیاه ذرت نتیجه بهتری داشته است (٤).

پساب استخر پرورش ماهی و پساب‌های تصفیه‌شده شهری حاوی مقادیر قابل‌قبولی مواد مغذی نیتروژن و فسفر است که می‌تواند مورداستفاده گیاهان

قرار گیرد. از طرفی، تلفیق آبزی‌پروری با دستگاه‌های کشاورزی به‌عنوان روشی برای افزایش تولید غذا، محافظت از محیط‌زیست و بالا بردن امنیت غذایی شناخته‌شده است. ازاین‌رو با توجه به بحران آب و کمبود منابع آب شیرین کشور، افزایش جمعیت و به تبع آن افـزایش چشمگیر حجم پساب‌ها و استقبال کشاورزان برای استفاده از این منبع آبی (با توجه به اهمیـت کاربرد استفاده از آب‌های نامتعارف در کاشت محصولات کشاورزی و گلخانه‌ای)، در این پژوهش نیز از منابع آب نامتعارف برای آبیاری گیاه کینوا رقم Titicaca در شهرستان مشهد مقدس استفاده‌شده و اثر آن بر روی عملکرد این گیاه مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کیفیت‌های مختلف آب آبیاری و زایتونیک بر صفات مورفولوژی و عملکردی گیاه کینوا، بذرهای رقم Titicaca از مؤسسه تحقیقات تهیه و اصلاح نهال و بذر تهیه گردید و برای کشت مورداستفاده قرار گرفت. زایتونیک نوعی اصلاح‌کننده خاک و کود آلی ساخت شرکت Zydex هند بوده که از شرکت اکسیر شرق مشهد تهیه شد و در این پژوهش مورداستفاده قرار گرفت که دارای خواص شیمیایی (دارای مواد آلی و معدنی، دارای پتاسیم هیومات و آب) و فیزیکی (دارای رنگ خاکستری و بی‌بو) است (جدول ۱).

برای انجام این پژوهش، آزمایش به‌صورت فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌صورت گلدانی در پاییز و زمستان ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا انجام شد. حداقل و حداکثر دما در گلخانه در طول شبانه‌روز حدود ۱۴ الی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و نور به میزان ۸۰۰۰ الی ۱۲۰۰۰ لوکس فراهم گردید. در گلخانه مذکور از سیستم پوشال پنکه جهت سرمایش و از سیستم بخاری گازی جهت گرمایش استفاده شد. تیمارهای آبیاری در چهار سطح شامل W_1: تیمار شاهد (آبیاری با آب شهری در تمام طول فصل رشد)، W_2: پساب استخر ماهی قزل‌آلا، W_3: پساب تصفیه‌شده شهری (پساب تصفیه‌خانه خین‌عرب شهر مشهد) و W_4: آب‌شور (آبیاری با آب با شوری ۱۵ دسی‌زیمنس حاصل از نسبت ۱:۱:۲ نمک‌های NaCl، $MgCl_2$ و $CaCl_2$) بوده و از مرحله چهار برگی شدن بوته‌ها اعمال شد. تیمارهای زایتونیک در دو سطح (صفر و یک کیلوگرم در مترمربع) در ابتدای فصل کشت با خاک مرکب مخلوط شد. خصوصیات شیمیایی آب مورداستفاده در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۱- مواد تشکیل‌دهنده زایتونیک.

Table 1. Information on ingredients of Zytonic.

ترکیبات Composition	میزان (٪) levels
مواد آلی Organic matter	70-75
مواد معدنی Inorganic Matter	12-14
هیومات پتاسیم Potassium Humate	10-12
آب Water	2-5

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورداستفاده.

Table 2. Selected chemical properties of used irrigation water.

کیفیت آب Quality of water	SAR	کلر Cl^- (meq/L)	سدیم Na^+ (meq/L)	پتاسیم K^+ (meq/L)	کلسیم Ca^{2+} (meq/L)	منیزیم Mg^{2+} (meq/L)	سولفات SO_4^{2-} (meq/L)	بی‌کربنات HCO_3^- (meq/L)	هدایت الکتریکی $EC_{25}^{\#}$ (dS/m)	pH
	ترکیبات شیمیایی Chemical properties									
آب شهری Fresh water	2.71	1	0.27	0.48	4.4	2.8	0.7	7	1.23	8.2
آب‌شور Saline water	7.32	41.2	46.4	0.82	26.6	13.6	34.9	11.4	15	7.9

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

EC_{25}: water electrical conductivity at 25 °C.

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی پساب استخر ماهی مورداستفاده.

Table 3. Chemical properties of used fishery wastewater.

آب آبیاری Irrigation water	هدایت الکتریکی EC_{25} (dS/m)	pH	سدیم Na^+ (meq/L)	پتاسیم K^+ (meq/L)	کلسیم Ca^{2+} (meq/L)	منیزیم Mg^{2+} (meq/L)	نیترات NO_3^-
پساب استخر ماهی Fishery wastewater	0.76	7.83	2.21	4.46	17.32	2.18	1.02

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

EC_{25}: water electrical conductivity at 25 °C.

جدول ٤- خصوصیات شیمیایی پساب تصفیه‌شده شهری.

Table 4. Chemical properties of treated urban wastewater.

آب آبیاری Irrigation water	مواد جامد معلق TSS (mg/l)	pH	اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی BOD_5 (mg/L)	اکسیژن‌خواهی شیمیایی COD (mg/L)	کلسیم Ca^{2+} (meq/L)	منیزیم Mg^{2+} (meq/L)	نیترات NO_3^- (meq/L)	سولفات SO_4^{2-} (meq/L)	کلر Cl^- (meq/L)
پساب تصفیه شده شهری Treated urban wastewater	125	7.9	85	168	50.46	37.32	1.25	75	590

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 گای پوسیده و ۲۰ درصد پرلیت تهیه‌شده و جهت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی 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 به‌وسیله هدایت سنج الکتریکی و اسیدیته 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. ابتدا کود گاوی مورداستفاده در معرض هوا خشک شده و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد، پس از آن با توجه به این‌که کود گاوی مورداستفاده در این طرح دارای شوری بالا و نیتروژن نیتراتی زیادی بود، برای کاهش قابلیت هدایت الکتریکی و نیتروژن نیتراتی،

کودها آبشویی شد. بدین‌منظور مقدار مشخصی کود گاوی توزین و ۱۰ برابر وزن آن آب مقطر اضافه گردید (نسبت آبشویی برابر ۱ به ۱۰ کود آلی به آب مقطر) و اجازه داده شد تا آب از پایین ظرف خارج شود. سپس کودهای آبشویی شده در معرض هوا خشک شدند. فسفر به روش زرد وانادات، نیتروژن کل (کجلدال) مشابه روش انجام‌شده برای خاک اندازه‌گیری شدند. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۵ و خصوصیات شیمیایی کود مورداستفاده در جدول ٦ ارائه شده است. با توجه به این‌که پژوهش مذکور بر پایه کشت گلدانی بوده در ابتدا به تعداد ٢٤ گلدان به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر که دارای زهکش انتهایی بودند تهیه گردید. پس از تهیه محیط کشت مرکب، آن را به گلدان‌های پلاستیکی انتقال داده و با ترازو وزن گلدان‌ها را بررسی کرده تا شرایط یکسان باشد (به‌طوری‌که تمامی گلدان‌ها به یک نسبت از ترکیب خاک پر شوند)، لازم به ذکر است که ابتدا در کف گلدان‌ها به‌صورت یکسان لایه‌ای از سنگ‌ریزه به‌عنوان فیلتر جهت بهبود زهکشی و تهویه قرار داده شد و ۵ سانتی‌متر بالایی گلدان‌ها به‌منظور اعمال آبیاری خالی در نظر گرفته شد و بقیه حجم خالی گلدان‌ها از خاک مرکب پر شدند. جهت جلوگیری از نشست خاک در گلدان و رسیدن به وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه، پر کردن خاک گلدان به‌صورت تدریجی و در لایه‌های پنج سانتی‌متری همراه با کوبش انجام شد. به‌منظور از بین بردن شوری، محیط کشت گلدان‌ها را با آب شهری اشباع کرده و اجازه داده شد که آب از زهکش‌های آن خارج شود. در تاریخ ۱۰ دی ۱۳۹٦، ۱۰ بذر گیاه کینوا رقم Titicaca در عمق ۱/۵ سانتی‌متری کشت شد، به‌طوری‌که پس از رسیدن به مرحله ٤ برگچه‌ای تراکم بوته‌ها در هر گلدان به ۳ بوته تقلیل یافت. دور آبیاری در این طرح متغیر و عمق آبیاری ثابت بوده که با استفاده از روش وزنی تعیین شد. تا مرحله استقرار گیاه، آبیاری تمام تیمارها با استفاده از آب شهری 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 (مدل PMS- 714 ساخت تایوان دارای یک حس‌گر) تعیین شد، اعمال گردید. وجین علف‌های هرز با دست و در طی ٤ مرحله انجام شد. در انتهای آزمایش و پس از این‌که گیاهان وارد مرحله گلدهی شدند بوته‌ها برداشت‌شده و از طرفی با توجه به این‌که گیاه کینوا به‌صورت خام نیز مورداستفاده قرار می‌گیرد در این پژوهش در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹٦ گیاهان کف بری شده و به آزمایشگاه منتقل شد. صفات فیزیولوژیکی و زراعی برداشت‌شده برای تمامی گیاهان (۳ بوته در هر گلدان) شامل تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته (با استفاده از خط‌کش) وزن تر و خشک اندام هوایی (با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد (شکل ۱). سپس نمونه‌ها به‌مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بعد از خشک شدن با ترازو توزین شد)، شاخص سبزینگی با استفاده از دستگاه SPAD 502، سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج[1] و قطر ساقه (با استفاده از کولیس دیجیتالی) بود. در تاریخ ۲۰ فروردین نیز گیاهان برای بررسی عملکرد دانه برداشت شدند. بهره‌وری مصرف آب نیز با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد. در انتها نتایج با نرم‌افزار SAS (Ver. 9.0) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

$$\text{بهره‌وری مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{آب مصرفی}} \qquad (۱)$$

۱- مدل Leaf area meter Licorn

شکل ۱- چیدمان گلدان‌ها در گلخانه.

Figure 1. Layout of the pots in greenhouse.

جدول ۵- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 5. Some selected physicochemical properties of used soils.

K	P	N	pH	هدایت الکتریکی EC	چگالی ظاهری Bulk density	حد ظرفیت زراعی (درصد)	رس	سیلت	شن	بافت خاک
	$mgKg^{-1}$			dSm^{-1}	gcm^{-3}	FC (percent)	درصد percent			Soil texture
106.4	5.8	504	7.85	1.2	1.34	26	21	53	26	سیلتی لومی Silty Loamy

جدول ٦- خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورداستفاده.

Table 6. Selected chemical properties of used manure.

ترکیبات شیمیایی (Chemical properties)			EC	pH	نوع کود Manure
K	P	N			
درصد (%)			(dS/m)		
2.08	0.51	2.16	2.85	7.94	کود گاوی (Cow manure)

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که کیفیت آب آبیاری بر صفات تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع، قطر ساقه، شاخص سبزینگی، سطح برگ، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال یک درصد دارای معنی‌داری بوده ولی بر صفت وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. از طرفی اثر زایتونیک نیز بر تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، قطر ساقه، شاخص سبزینگی، سطح برگ، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال یک درصد و بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، لازم به ذکر است که زایتونیک بر تعداد شاخه فرعی و ارتفاع بوته گیاه کینوا اثر معنی‌داری نشان نداد. اثر متقابل تیمارها نیز گویای این امر است که تعداد برگ، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال یک درصد و تعداد شاخه فرعی، وزن تر اندام هوایی و قطر ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد و بر بقیه صفات مورد بررسی نیز اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

مقایسه میانگین‌ها بر اساس جدول ۸ نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی به ترتیب

مربوط به تیمار آبیاری با پساب استخر ماهی با ٦٣ و ٨ عدد و کم‌ترین مقدار با ٣٤ و ٥ عدد در تیمار آب‌شور مشاهده شد. لازم به ذکر است که تیمارهای پساب استخر ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری از نظر تعداد برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و بین تیمارهای آب شهری، پساب استخر ماهی و پساب شهری تصفیه‌شده در صفت تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد.

هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمار پساب استخر ماهی با ٨/٦ گرم و ٠/٦٣ گرم دارای بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی بوده و بین تیمارهای پساب استخر ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری و پساب تصفیه‌شده شهری و آب شهری اختلاف معنی‌داری در سطح ٥ درصد مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده این موضوع است که آبیاری با پساب استخر ماهی و تصفیه‌شده شهری صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه و سطح برگ در بوته نسبت به تیمار آبیاری با آب شهری افزایش یافت تا این‌که در رژیم آبیاری با آب‌شور به حداقل مقدار خود رسید، به‌عبارت‌دیگر دیگر بیش‌ترین میزان ارتفاع، قطر ساقه و سطح برگ در بوته به‌ترتیب با ٤٣/٧٥ سانتی‌متر، ٠/٣١ سانتی‌متر و ٣٧/٦ سانتی‌مترمربع مربوط به تیمار آبیاری با پساب استخر ماهی بوده و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار آب‌شور به‌ترتیب با ١٨/٩٦ سانتی‌متر، ٠/١٨ سانتی‌متر و ٢٣/٨ سانتی‌مترمربع در تک‌بوته مشاهده شد (لازم به ذکر است که داده‌های ارائه‌شده میانگین سه تکرار است). نتایج نشان‌دهنده عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در صفت ارتفاع بوته در تیمارهای پساب استخر ماهی و آب شهری در سطح احتمال پنج درصد است، هم‌چنین در صفت قطر ساقه در تک بوته نیز در تیمارهای آب شهری و پساب تصفیه‌شده شهری (قطر ساقه) اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد. در صفت شاخص سبزینگی نیز بیش‌ترین میزان مربوط به تیمار آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری بوده (٥٠/٥٥) و کم‌ترین مقدار آن نیز همانند سایر صفات در تیمار آبیاری با آب‌شور (٤٢/٠٦) مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که آبیاری با پساب استخر ماهی منجر به افزایش ١٢/٩ و ١٧/٠ درصدی وزن تر و خشک اندام هوایی نسبت به آبیاری با آب شهری شده ولی آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری منجر به افزایش ٧/٠ و ١٣/٢ درصدی صفات مذکور شده است. لازم به ذکر است که آبیاری با آب‌شور نیز منجر به کاهش صفات مذکور به‌ترتیب به میزان ٣١/٢ و ٣٠/٢ درصد شد. در صفات عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف بیش‌ترین میزان مربوط به تیمار آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری بوده (١٤/٦ گرم و ٣/٠٤ کیلوگرم در مترمکعب) و کم‌ترین مقدار آن نیز همانند سایر صفات در تیمار آبیاری با آب‌شور (١٣/٧ گرم و ٢/٨٦ کیلوگرم در مترمکعب) مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که آبیاری با پساب استخر ماهی منجر به افزایش ٢/٨ و ٢/٧ درصدی عملکرد دانه و بهره‌وری فیزیکی مصرف آب نسبت به آبیاری با آب شهری شده است. لازم به ذکر است که بین تیمارهای آبیاری با آب شهری و پساب تصفیه‌شده شهری در دو صفت مذکور تفاوت آماری در مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ٥ درصد مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس جدول ٨ نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ مربوط به تیمار استفاده از زایتونیک در ترکیب خاک با ٦٠ عدد و کم‌ترین مقدار با ٤٨ عدد در تیمار عدم استفاده از زایتونیک مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که استفاده از زایتونیک سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی شده به‌طوری‌که با ٨/٦٧ گرم و ٠/٥٧ گرم دارای بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی بوده و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار عدم استفاده از زایتونیک مشاهده شد (٦/١٣ گرم وزن تر اندام هوایی و ٠/٤٩ گرم وزن خشک اندام هوایی).

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و رشدی گیاه دارویی کینوا.

Table 7. Analysis of variance for morphologic and growth of Quinoa plant.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات									
		تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه فرعی Branches number	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	شاخص سبزینگی SPAD index	سطح برگ Leaf area	عملکرد دانه Grain yield	بهره‌وری مصرف آب Water productivity
کیفیت آب آبیاری Quality of water	3	1158.9**	22.37**	13.48*	0.08**	855.5**	0.018**	80.3**	206.9 **	0.76**	0.03**
زایتونیک Zytonic	1	900.37**	0.04ns	39.01**	0.04*	22.0ns	0.017**	36.0**	156.1 **	0.88**	0.04**
کیفیت آب × زایتونیک Quality of water × Zytonic	3	507.4**	10.9*	12.37*	0.15**	2.7ns	0.002*	0.1ns	1.3ns	6.9**	0.30**
خطا Error	16	8.41	1.37	0.29	0.004	15.95	0.0003	0.58	0.5	0.02	0.001
ضریب تغییرات CV		5.4	16.2	7.3	12.5	12.2	7.1	1.6	2.3	1.9	1.0

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد (Significant at P<0.01)، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد (Significant at P<0.05)، ns غیر معنی دار (none significant).

نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده این موضوع است که استفاده از زایتونیک بر صفات قطر ساقه و سطح برگ در بوته نسبت به تیمار عدم استفاده از زایتونیک در ترکیب اولیه خاک افزایش یافت، به‌عبارت‌دیگر دیگر بیش‌ترین میزان قطر ساقه و سطح برگ در بوته به‌ترتیب با ۰/۲۸ سانتی‌متر و ۳۳/۷ سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار استفاده از زایتونیک بوده و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار عدم استفاده از این ماده اصلاح‌کننده خاک به‌ترتیب با ۰/۲۳ سانتی‌متر و ۳۳/۷ سانتی‌مترمربع در تک‌بوته مشاهده شد (لازم به ذکر است که داده‌های ارائه‌شده میانگین سه تکرار است). در صفت شاخص سبزینگی نیز بیش‌ترین میزان مربوط به تیمار عدم استفاده از زایتونیک بوده (۴۸/۵۵) و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار استفاده از زایتونیک (٤٦/١) مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که استفاده از زایتونیک منجر به افزایش ٤١/٤ و ١٦/٣ درصدی وزن تر و خشک اندام هوایی نسبت به عدم استفاده از زایتونیک در ترکیب اولیه خاک شده است. لازم به ذکر است که میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۸- اثر کیفیت آب آبیاری و زایتونیک بر صفات مورفولوژیکی و رشدی گیاه کینوا.

Table 8. The effects of water quality and Zytonic on growth and morphological properties of Quinoa plant.

تیمار Treatment	تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه فرعی Branches number	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	ارتفاع (سانتی متر) Height (cm)	قطر ساقه (سانتی متر) Stem diameter (cm)	شاخص سبزینگی SPAD index	سطح برگ (سانتی متر مربع) Leaf area (cm^2)	عملکرد دانه (گرم) Grain yield (g)	بهره وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) water productivity (kgm-3)
آب شهری Fresh water	57 b#	8 a	7.6 b	0.53 b	41.62 a	0.26 b	48.19 b	29.6 c	14.2 b	2.96 b
پساب استخر ماهی Fishery wastewater	63 a	8 a	8.6 a	0.62 a	43.75 a	0.31 a	48.49 b	37.6 a	14.6 a	3.04 a
پساب تصفیه‌شده شهری Treated urban wastewater	63 a	8 a	8.1 ab	0.6 ab	36.52 b	0.26 b	50.55 a	33.3 b	14.3 b	2.98 b
آب‌شور Saline water	34 c	5 b	5.2 c	0.37 c	18.96 c	0.18 c	42.06 c	23.8 d	13.7 c	2.86 c
خاک بدون زایتونیک Soil without Zytonic	48 b	7.17 a	6.13 b	0.49 b	31.82 a	0.23 b	48.55 a	28.5 b	14.0 b	2.9 b
خاک با زایتونیک Soil with Zytonic	60 a	7.25 a	8.67 a	0.57 a	33.73 a	0.28 a	46.1 b	33.7 a	14.4 a	3.0 a

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر اساس جدول ۹ نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری با پساب استخر ماهی + استفاده از زایتونیک با ۷۹ (تعداد برگ) و ۹/٦٦ عدد (تعداد شاخه فرعی) در تیمار آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری + استفاده از زایتونیک و کم‌ترین مقدار با ٢٤/٤ و ۳/۳۳ عدد در تیمار آب‌شور + عدم استفاده از زایتونیک مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین تیمارهای پساب تصفیه‌شده + استفاده از زایتونیک و آب شهری + زایتونیک و بین تیمارهای آبیاری با آب شهری + زایتونیک و آبیاری با پساب استخر ماهی + عدم استفاده از زایتونیک از نظر تعداد برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و بین تیمارهای آب شهری، پساب استخر ماهی و پساب شهری تصفیه‌شده در شرایط عدم استفاده از زایتونیک و در شرایط استفاده از زایتونیک در صفت تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تیمار پساب استخر ماهی + زایتونیک با ۱۱/٦۷ گرم و ۰/۷٦ گرم دارای بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی بوده و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار آب‌شور + عدم استفاده از زایتونیک با ۳/۹۷ و ۰/۲۸ گرم مشاهده شد. تیمارهای پساب استخر ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری در شرایط عدم استفاده از زایتونیک و پساب تصفیه‌شده شهری + عدم استفاده از زایتونیک و آب شهری + استفاده از زایتونیک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد در صفت وزن تر اندام هوایی مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده این موضوع است که آبیاری با پساب استخر ماهی + زایتونیک صفت منجر به افزایش قطر ساقه نسبت به تیمار آبیاری با آب شهری + عدم استفاده از زایتونیک افزایش یافت تا این‌که در رژیم آبیاری با آب‌شور + عدم استفاده از زایتونیک به حداقل مقدار خود رسید، به‌عبارت‌دیگر دیگر بیش‌ترین میزان قطر ساقه با ۰/۳۵ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری با پساب استخر ماهی + استفاده از زایتونیک بوده و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار آب‌شور + عدم استفاده از زایتونیک ۰/١٤ سانتی‌متر مشاهده شد (لازم به ذکر است که داده‌های ارائه‌شده میانگین سه تکرار است). نتایج نشان‌دهنده عدم معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها در صفت قطر ساقه بین تیمارهای پساب استخر ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری در صورت عدم استفاده از زایتونیک و آب شهری + استفاده از زایتونیک در سطح احتمال پنج درصد بود. لازم به ذکر است که بین تیمارهای آب شهری + عدم استفاده از زایتونیک و آب‌شور + استفاده از زایتونیک نیز در صفت قطر ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که آبیاری با پساب استخر ماهی + استفاده از زایتونیک در اکثر صفات مورد بررسی سبب افزایش صفات نسبت به آبیاری با آب شهری + عدم استفاده از زایتونیک شده است. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کیفیت آب آبیاری و استفاده از زایتونیک نشان داد که بیش‌ترین میزان از صفات عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در تیمار آبیاری با پساب استخر ماهی + استفاده از زایتونیک به‌ترتیب با ۱۵/۷ گرم و ۳/۲۸ کیلوگرم در مترمکعب مشاهده شد (جدول ۹). نتایج نشان داد که استفاده از زایتونیک در شرایط استفاده از آب‌های نامتعارف منجر به افزایش همه صفات نسبت به تیمار بدون استفاده از این ماده شده است. به‌نظر می‌رسد آبیاری با پساب با تأمین برخی از عناصر غذایی موردنیاز گیاه منجر به افزایش عملکرد تر اندام هوایی شده است، به‌عبارت‌دیگر عناصر موجود (پتاسیم، نیتروژن و فسفر) در پساب نسبت به آب شهری منجر به افزایش عملکرد گیاه شده است.

مسلماً تغذیه مناسب‌تر بوته‌ها که توسط عناصر موجود در پساب صورت‌گرفته است موجب بهبود در عملکرد تر اندام هوایی می‌شود. نتایج گویای این موضوع است که آبیاری با پساب در مقایسه با آب شهری (به‌دلیل وجود عناصر مغذی موردنیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد تر اندام هوایی کینوا گردید. افزایش عناصر غذایی در خاک در اثر آبیاری با پساب و دسترسی راحت‌تر گیاه به عناصر غذایی موردنیاز در پساب شهری، سبب افزایش رشد گیاهان می‌شود.

جدول ۹- اثر متقابل کیفیت آب و زایتونیک بر صفات مورفولوژیکی و رشدی گیاه کینوا.

Table 9. Interaction effect of quality water and Zytonic on morphologic and growth properties of Quinoa plant.

تیمار treatment	تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه فرعی Branches number	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot fresh weight	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد دانه Grain yield	بهره‌وری مصرف آب Water productivity
# W1Z1	46 ^{e}	6 ^{cd}	5.53 ^{e}	0.3 ^{e}	0.22 ^{d}	13.46 ^{f}	2.72 ^{g}
W2Z1	58 ^{c}	8 ^{abc}	6.93 ^{d}	0.6 ^{c}	0.26 ^{c}	15.3 ^{b}	3.19 ^{b}
W3Z1	51 ^{d}	7 ^{bcd}	7.17 ^{cd}	0.46 ^{d}	0.26 ^{c}	13.83 ^{e}	2.81 ^{f}
W4Z1	25 ^{f}	4 ^{e}	3.97 ^{f}	0.28 ^{e}	0.14 ^{e}	12.9 ^{g}	2.69 ^{g}
W1Z2	62 ^{bc}	9 ^{ab}	8.07 ^{c}	0.63 ^{bc}	0.26 ^{c}	14.43 ^{d}	3.01 ^{d}
W2Z2	79 ^{a}	9 ^{ab}	11.67 ^{a}	0.76 ^{a}	0.35 ^{a}	15.7 ^{a}	3.28 ^{a}
W3Z2	67 ^{b}	10 ^{a}	9.37 ^{b}	0.74 ^{ab}	0.29 ^{b}	14.93 ^{c}	3.11 ^{c}
W4Z2	42 ^{e}	5 ^{de}	6.5 ^{d}	0.42 ^{d}	0.2 ^{d}	13.03 ^{g}	2.88 ^{e}

$^{\#}W_1$: تیمار آب شهری (Freshwater)، W_2: تیمار پساب استخر ماهی (Fishery waste water)، W_3: تیمار پساب تصفیه‌شده شهری (Urban treated wastewater)، W_4: تیمار آب‌شور (Saline water)

Z_1: عدم استفاده از زایتونیک (Without Zytonic)، Z_2: استفاده از زایتونیک (With Zytonic)

افزایش تعداد ساقه‌های فرعی در اثر آبیاری با پساب شهری و پساب استخرهای ماهی را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که آبیاری با پساب باعث افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود که این خود باعث به وجود آمدن میانگره‌ها و نقاط مستعد بیش‌تری برای تولید جوانه‌های فرعی می‌شود. حال اگر مواد غذایی کافی در اختیار این گیاه قرار گیرد، منجر به رشد این جوانه‌ها شده و ساقه‌هایی فرعی به وجود می‌آورد. همان‌طور که مشاهده شد، پساب این توانایی را دارد که مواد غذایی موردنیاز گیاه را فراهم کند. در این شرایط سطح برگ گیاه نیز به مقدار زیادی کاهش‌یافته که سبب کاهش توان فتوسنتزی گیاه می‌شود و در نتیجه میزان ماده خشک اندام‌های گیاه کاهش می‌یابد (۱۵). از طرفی با گذشت زمان، کاهش حجیم شدن سلول و نیز کندی تقسیم سلولی برگ مشاهده‌شده و اندازه نهایی آن کوچک می‌شود. با ادامه یافتن تنش شوری، غلظت یون‌ها در برگ‌های مسن به حد سمیت رسیده، بنابراین آن‌ها زودتر می‌میرند (۱۶). هم‌چنین در شرایط تنش شوری، گیاه به‌منظور حفظ فعالیت‌های متابولیکی خود نیازمند تولید حفاظت‌کننده‌های اسمزی

و نیز تنظیم اسمزی به‌منظور حفاظت پروتئین‌های غشای سلولی و نیز حفاظت آنزیم‌ها از تخریب است و باید برای تعادل فشار اسمزی، یون‌ها در واکوئل‌ها، سیتوسول و دیگر اندامک‌ها انباشته شوند (۱۱). نتایج این پژوهش با نتایج جمالی (۲۰۱۷) بر روی کینوا و سجادی و همکاران (۲۰۱۷) بر روی فلفل سبز مطابقت داشت (۱۰ و ۲۰). تنش شوری از راه تأثیر بر چند مکانیسم مهم گیاه مانند فتوسنتز، تنظیم فشار اسمزی و فعالیت آنزیم‌ها رشد گیاه را کاهش می‌دهد (۳). تنش شوری همانند بسیاری از تنش‌های غیرزیستی دیگر، رشد گیاه را محدود می‌کند. توقف رشد طولی ساقه و ریشه و کاهش ماده سازی از علائم معمول تنش اکسیداتیو است (۱۹). ذخیره انرژی متابولیکی ممکن است اساس کاهش رشد در شرایط شوری باشد. در این شرایط انرژی لازم برای تنظیم یونی و اسمزی زیادتر شده و انرژی رشد کاهش می‌یابد (۱۲). کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (۲۳)؛ بنابراین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان به این نتیجه رسید که صدمه‌ی اسمزی، سمیت یون‌ها و تغییر در تعادل مواد غذایی قابل‌دسترس ازجمله عوامل دخیل در کاهش ارتفاع در محیط شور هستند. از دلایل کاهش ارتفاع گیاه در اثر شوری به خشکی فیزیولوژیکی در محیط ریشه و رقابت بین یون‌های کلر، سولفات و نیترات اشاره‌شده است (۲۲). تنش شوری در مراحل ابتدایی باعث ایجاد تنش اسمزی می‌شود که موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها گشته و طویل شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و آماس مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل شدن آن‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد (۱۶). افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی در شرایط استفاده از زایتونیک در ترکیب خاک می‌تواند به دلیل بهبود در شرایط فیزیکی خاک مانند تخلخل خاک باشد. از طرفی زاتیونیک بر اساس مطالعه آسون و همکاران (۲۰۱٤) باعث بهبود مواد غذایی و افزایش عملکرد میکروارگانیسم‌ها باشد و نتایج این پژوهش با نتایج ایشان بر روی گیاه ذرت و فلفل دلمه مطابقت داشت (٤).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش نتایج نشان‌دهنده اثر منفی شوری بر روی همه صفات مورد بررسی بود، از طرفی استفاده از پساب استخر ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری منجر به افزایش همه صفات شد. تیمار پساب شهری و پساب استخر ماهی به‌ترتیب منجر به افزایش ٦/۹ و ۱۲/۹ درصدی وزن تر اندام هوایی و ۱۳/۲ و ۱٦/۹ درصدی وزن خشک اندام هوایی شد. از طرفی آب‌شور منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی به میزان ۳۱/۲ و ۳۹/٦ درصدی شد. همچنین نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که آبیاری با پساب استخر ماهی منجر به افزایش ۲/۸ و ۲/۷ درصدی عملکرد دانه و بهره‌وری فیزیکی مصرف آب نسبت به آبیاری با آب شهری شده است. لازم به ذکر است که بین تیمارهای آبیاری با آب شهری و پساب تصفیه‌شده شهری در دو صفت مذکور تفاوت آماری در مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد. استفاده از زایتونیک نیز منجر به افزایش ٤۱/٤ و ۱٦/۳ درصدی وزن تر و خشک اندام هوایی شد. نتایج نشان داد که استفاده از زایتونیک در کشاورزی باعث بهبود در وضعیت رشدی و مورفولوژی در تمامی کیفیت‌های آب آبیاری شد. بهترین تیمار برای آبیاری این گیاه آبیاری با پساب استخر ماهی در شرایطی که از زایتونیک استفاده شود، است. از طرفی با توجه به بحث‌های زیست‌محیطی که با استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در مزارع به وجود می‌آید، شناسایی گیاهانی که با استفاده از پساب

استخرهای ماهی و پساب تصفیه‌شده شهری می‌تواند نیاز کودی خود را تأمین کند، می‌تواند به‌عنوان موضوع پژوهش مدنظر پژوهشگران قرار گیرد تا ضمن امکان استفاده کم‌تر از کودهای شیمیایی، ازنظر اقتصادی نیز عملکرد مناسبی عاید کشاورز شود.

منابع

1. Abdelraouf, R.E. 2017. Reuse of Fish Farm Drainage Water in Irrigation. In: Negm A. (eds) Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt. The Handbook of Environmental Chemistry. 75: 393-410.
2. Algosaibi, A.M., El-Garawany, M.M., Badran, A.E., and Almadini, A.M. 2015. Effect of Irrigation Water Salinity on the Growth of Quinoa Plant Seedlings. J. Agric. Sci. 7: 8. 205-214.
3. Ashraf, M. 2001. Relation between growth and gas exchange characteristics in some salt tolerance amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. Environmental and Experimental Botany. 45: 2. 155-163.
4. Ason, B., Ababio, F.O., Boateng, E., and Yangyuoru, M. 2014. Full Length Research Paper Efficacy of Zytonic Soil Conditioner on two Ghanaian Soils using Sweet Pepper and Maize as test crops. Adv. J. Agric. Res. 2: 10. 152-158.
5. Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis, A., Travlos, I., Triantafyllidis, V., and Dimitra, H.E.L.A. 2012. Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 40: 1. 42-46.
6. El Youssfi, L., Choukr-Allah, R., Zaafrani, M., Mediouni, T., Samba, B., and Hirich, A. 2012. Effect of domestic treated wastewater use on three varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) under semiarid conditions. World Academy of Science. Engineering and Technology. Inter. J. Environ. Chem. Ecol. Geol. Geophysic. Engin. 6: 8. 562-565.
7. Hassanli, A.M., Ebrahimizadeh, M.A., and Beecham, S. 2009. The effect of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. Agricultural Water Management 96: 1. 93-99.
8. Hirich, A., Allah, R.C., Jacobsen, S.E., El Youssfi, L., and El Homaria, H. 2012. Using deficit irrigation with treated wastewater in the production of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in Morocco. Revista Científica UDO Agrícola. 12: 3. 570-583.
9. 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 phonological stages. Europ. J. Agron. 22: 2. 131-139.
10. Jamali, S. 2017. Investigation of the effect of different salinity and deficit irrigation levels on yield and yield components of Quinoa (Cv. Titicaca). M.Sc. thesis. Gorgan university of Agriculture Science and Natural Resource.
11. Kafi, M., Salehi, M., and Eshghizadeh, H.R. 2011. Biosaline Agriculture- plant, water and soil management Approaches. Iranian academic center for education culture and research of Mashhad. (In Persian)
12. Kerepesi, H., and Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Science. 40: 2. 482-487.
13. Khan, Q., Akhtar, F., Jamil, M., Sayal, O., Mirza, N., and Mubarak, H. 2014. Studies on different concentration of lead (Pb) and sewage water on Pb uptake and growth of Radish (*Raphanus sativus*). Euras. J. Soil Sci. 3: 2. 138.
14. Malekian, R., Heidarpour, M., Mostafazadehfard, B., and Abedi Koupaei, J. 2008. Effect of surface and

sub-surface irrigation with treated wastewater on bermudagrass properties. Agriculture science and natural resources. 15: 4. 248-257. (In Persian)
15. Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environment. 16: 1. 15-24.
16. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.
17. Panuccio, M.R., Jacobsen, S.E., Akhtar, S.S., and Muscolo, A. 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. AoB Plants. 6: 047.
18. Razzaghi F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. Agriculture water management. 109: 20-29.
19. Ruley, A.T., Sharma, N.C., and Sahi, S.V. 2004. Antioxidant defense in a lead accumulation plant, Sesbania drummondii. Plant Physiology and Biochemical. 42: 11. 899-906.
20. Sajadi, F., Sharifan, H., Hezarjaribi, A., and Ghorbani nasrabad Gh. 2017. The effect of salinity stress and over irrigation on yield and yield components of green pepper. Water and irrigation management. 6: 1. 89-100. (In Persian)
21. Stewart, B.A. 2008. Irrigation sewage effluent use. Encyclopedia of Water Science, second edition. 81: 664-665.
22. Zamani, S., Nezami, M.T., Habibi, D., and Baybordi A. 2010. Study of yield and yield components of winter Rapeseed under salt stress conditions. Crop Production Research. 1: 2. 109-121. (In Persian)
23. Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6: 2. 66-71.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(3), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.14856.2999

Evaluation of Zytonic effect on Yield and Yield components of Quinoa under irrigated Unconventional water

S. Jamali[1] and *H. Sharifan[2]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
Received: 04.12.2018; Accepted: 02.10.2019

Abstract

Background and Objectives: Increasing population growth along with the freshwater resources global crisis necessitates the use of unconventional water resources in agriculture, as the largest fresh water consumer, especially in the arid and semiarid areas. Soil physical condition is one of the factor that can limit crop production. Soils with poor physical conditions restrict water intake into the soil and subsequent movement, plant root development and aeration of the soil.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of different water quality and Zytonic on yield and yield components of Quinoa (cv. Titicaca), the research was conducted as a factorial experiment based on completely randomized design including 3 replications as pot planting in Ferdowsi University of Mashhad in Greenhouse conditions, during 2017-2018. In this study, water quality included (freshwater, wastewater, fishery wastewater and saline water) and Zytonic included (0 and 1 kgm^{-2}).

Results: The results showed that the effect of different water quality on leaf number, branches number, shoot dry weight, plant height, stem diameter, SPAD index, and leaf area was significant at 1 percent level ($P<0.01$), but on shoot fresh weight was significant at 5 percent level ($P<0.05$). The results showed that the effect of different zytonic levels on leaf number, and shoot dry weight, stem diameter, SPAD index, and leaf area was significant at 1 percent level ($P<0.01$), but on shoot dry weight was significant at 5 percent level ($P<0.05$). Interactions between water quality and zytonic levels leaf number, and shoot dry weight was significant at 1 percent level ($P<0.01$), but on branches number, shoot fresh weight, and stem diameter was significant at 5 percent level ($P<0.05$).

Conclusion: In this study, the results showed the negative effect of salinity on all studied traits, on the other hand, the use of fish pond wastewater and treated wastewater led to an increase in all traits. Wastewater and fishery wastewater has resulted in an increase of 6.9% and 12.9% of the weight of the aerial parts and 13.2% and 16.9% of the dry weight of the aerial parts, respectively. On the other hand, saline water led to a decrease in shoot fresh and dry weight by 31.2% and 39.6%. The use of zytonic also led to an increase of 41.4% and 16.3% in wet and dry weight of shoot

Keywords: Fish pond wastewater, Quinoa, Saline water, Treated wastewater, Zytonic

* Corresponding Author; Email: h_sharifan@um.ac.ir