نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۱۸۱-۱۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.16668.3196

اثر تیمارهای تلفیقی پساب تصفیه‌شده شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا

صابر جمالی[۱]، سیده محبوبه زین‌الدین[۲] و *مهدی کلاهی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،
[۲]دانشجوی کارشناسی گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،
[۳]استادیار و عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، پژوهشکده آب و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۸

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. ازآنجایی‌که یکی از اهداف مهم در کشاورزی پایدار با توجه به بحران منابع آبی، افزایش بهره‌وری مصرف آب است، بنابراین استفاده از تکنیک‌هایی جهت رسیدن به این مهم ضروری است. با توجه به کمبود آب‌های با کیفیت، استفاده از آب‌های نامتعارف (پساب تصفیه‌شده شهری) بیش‌ازپیش موردتوجه است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پساب تصفیه‌شده شهری بر عملکرد و اجزای گیاه کینوا رقم Titicaca در سال ۱۳۹۶ آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این پژوهش بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار در شرایط گلخانه‌ای و در گلدان اجرا گردید. تیمارهای موردبررسی در این پژوهش شامل آب شهری، پساب شهری، یک‌درمیان پساب شهری، اختلاط ۵۰:۵۰ پساب شهری و آب شهری و آبیاری زیرسطحی با پساب شهری بودند. قبل از شروع آزمایش خواص شیمیایی و فیزیکی آب‌وخاک مورداستفاده در آزمایشگاه موردبررسی قرار گرفت. در انتها تحلیل آماری صفات موردبررسی با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver 9.0) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تیمارهای موردبررسی بر تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، ارتفاع، شاخص سبزینگی و سطح برگ در سطح احتمال یک درصد مؤثر بودند، بر تعداد شاخه فرعی، وزن خشک اندام هوایی و قطر ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند. طبق نتایج پژوهش، استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری منجر به افزایش همه صفات گردید. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان از وزن تر و خشک اندام هوایی (۱۳/۹ و ۰/۹۸ گرم)، تعداد برگ (۸۶/۳ عدد)، تعداد شاخه جانبی (۱۰ عدد)، ارتفاع (۴۹/۷ سانتی‌متر)، سطح برگ (۲۱۸/۸ سانتی‌مترمربع) و عملکرد

* مسئول مکاتبه: mahdikolahi@um.ac.ir

دانه (۲٤/۲۳ گرم) در تیمار آبیاری زیرسطحی و کم‌ترین میزان این صفات به‌ترتیب با ۷/۲ و ۰/٤٦ گرم، ۵۱/٦۳ و ٦ عدد، ۲۵/۹ سانتی‌متر، ۱۳۵/۸ سانتی‌مترمربع و ۱۷/۸ گرم در تیمار شاهد بود.

نتیجه‌گیری: تیمار پساب شهری، متناوب یک‌درمیان، اختلاط ۵۰:۵۰ پساب شهری و آبیاری زیرسطحی پساب شهری منجر به افزایش ٦۲/۵، ۳۷/۵، ۵۸/۳ و ۹۳/۱ درصدی عملکرد کل شدند. این آزمایش نشان داد که استفاده از آب فاضلاب تصفیه‌شده ضمن افزایش عملکرد گیاه کینوا می‌تواند باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین و مصرف کودهای شیمیایی شود.

واژه‌های کلیدی: اختلاط، آب شهری، آب نامتعارف، آبیاری زیرسطحی، پساب، رژیم یک‌درمیان آبیاری

مقدمه

از نظر اقلیمی بخش عمده‌ای از ایران جز مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. از ویژگی‌های این مناطق، کم و پراکنده بودن نزولات جوی و تبخیر زیاد می‌باشد که سبب تجمع املاح در لایه سطحی خاک می‌شود. شوری خاک‌های زراعی و آب آبیاری را می‌توان جز عمده‌ترین و متداول‌ترین عوامل محدودکننده در اغلب نقاط جهان به‌ویژه ایران دانست (۱). در همین راستا، بحران آب یکی از مسائل اساسی مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران است. این وضعیت در سال‌های اخیر به‌دلیل وقوع پدیده خشک‌سالی حادتر شده است. محدودیت منابع آب و روند رو به رشد جمعیت و به‌تبع آن افزایش تقاضای آب از یکسو و کمبود منابع آب شیرین قابل‌دسترس از سوی دیگر، باعث شده است تا استفاده از آب‌های نامتعارف، درجایی‌که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، رو به فزونی باشد. از جمله این منابع می‌توان آب‌های شور، لب‌شور و پساب‌های تولیدی در بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی و شهری را نام برد. مصرف این منابع در بخش‌هایی که کیفیت آب پایین‌تری در مقایسه با آب شرب می‌پذیرند، می‌تواند راهکار مناسبی برای مقابله با معضل بحران آب محسوب شود. بخش کشاورزی، با مصرف بیش از ۷۰ درصد از منابع آب شیرین در کشورهای توسعه یافته و ۹۰ درصد در کشورهای درحال‌توسعه، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین بوده و بنابراین یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها برای مصرف منابع آب نامتعارف محسوب می‌گردد (۸، ۱٤ و ۱۵).

کینوا (*Chenopodium quinoa Wild*)، یک گیاه دولپه‌ای با حدود ۹۳ درصد خودگشنی از کوه‌های آند کرانه غربی آمریکای لاتین (جنوبی) منشأ گرفته است (۱۲). 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. همچنین بذرهای کوچک و به رنگ‌های متنوع از سفید تا تیره دارد. بذرها در گل‌آذین خوشه‌ای قرار دارند. این گیاه مانند گندم خود-گرده‌افشان بوده و گاهی اوقات ۱۰ تا ۱۵ درصد دگر-گرده‌افشانی از خود نشان می‌دهد. این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای قوی بوده و نسبت به استرس خشکی مقاوم است. طول دوره رشد این گیاه بین ۹۰ تا ۱۲۵ روز متغیر است (۵).

در پژوهشی که به‌منظور بررسی اثر آب‌های نامتعارف (آب دریا) بر روی عملکرد و اجزای گیاه کینوا تحت شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید. نتایج نشان داد که افزایش اختلاط آب دریا و آب شهری منجر به کاهش صفات موردبررسی مانند ارتفاع، قطر ساقه، وزن هزاردانه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و عملکرد در واحد سطح این گیاه شد. در همین پژوهش مشخص شد در صورت اعمال مدیریت‌های مناسب، از آب دریا در آبیاری این گیاه می‌توان استفاده کرد، به‌طوری‌که تیمار استفاده از اختلاط ۳۰ درصدی آب دریا، به‌عنوان تیمار بهینه در استفاده از آب دریا برای آبیاری گیاه کینوا بود (۱۳). در پژوهشی که به‌منظور بررسی تأثیر پساب شهری بر عملکرد و اجزای گیاه کینوا (ارقام DO708 و QM1113) تحت سطوح مختلف کم‌آبیاری اجرا شد، نتایج نشان داد که در گیاه کینوا افزایش تنش آبی منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه گردیده، ولی شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت. از سوی دیگر در گیاه کینوا رقم QM1113، افزایش تنش آبی دوره‌ای منجر به افزایش عملکرد دانه در بوته، بیوماس کل، شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه گردید. از طرفی در گیاه کینوا رقم DO708 افزایش تنش آبی منجر به افزایش عملکرد دانه در بوته، شاخص برداشت و نسبت ریشه به ساقه شد ولی بیوماس کل کاهش یافت. همچنین مشخص شد رقم QM1113 نسبت به رقم DO708 در شرایط کم‌آبیاری با استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری دارای سطح برگ بیش‌تری است (۱۱). نتایج پژوهشی دیگر بر روی گیاه کینوا نشان داد که استفاده از پساب تصفیه‌شده در آبیاری این گیاه منجر به بهبود در صفت ارتفاع بوته و عملکرد در واحد سطح در ارقام QM1113، DO708 و QS0938 شده است (٦).

نتایج پژوهشی در مورد اثر پساب شهری در آبیاری گیاه جو، نشان داد که بیش‌ترین تعداد سنبله در واحد سطح در سال اول (۳٤٥ عدد) در ژنوتیپ MSB-87-12 و در سال دوم (۳۲٥ عدد) در رقم لوت مشاهده شد (۲۱). بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله (۵۸ و ۵۷ عدد به‌ترتیب در سال اول و دوم) و عملکرد دانه (۷۸۳۲ و ۷۰٦۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال اول و دوم) در هر دو سال در رقم لوت که با آب فاضلاب آبیاری شده بود، به‌دست آمد (۲۱). نتایج پژوهشی دیگر بر روی گیاه گندم نشان داد که بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار شاهد و بیش‌ترین تعداد گلچه بارور در هر سنبله در تیمار پساب خالص مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه از تیمار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده در کل دوره رشد به‌دست آمد. در همین زمینه، آبیاری با پساب در کل دوره رشد (سه بار) در مقایسه با یک‌بار آبیاری و دو بار آبیاری با پساب به‌ترتیب باعث افزایش ۱۳/٦ و ۵/۷ درصدی در عملکرد دانه گردید (۱۹).

برخی پژوهشگران به‌منظور 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 (۹). در پژوهشی دیگر (۲) نتایج نشان دادند که اثر آب آبیاری و بافت خاک بر صفاتی مانند میزان کلروفیل، وزن تر و خشک گیاه و ارتفاع بوته معنی‌دار است. بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع چمن به‌میزان ۱۱/۱ و ۸/۷ سانتی‌متر به‌ترتیب در بافت خاک سیلتی و شنی مشاهده گردید. هم‌چنین آبیاری چمن فستوکا با پساب تصفیه‌شده فاضلاب شهری و آبیاری متداول به‌صورت یک‌درمیان و بافت خاک سیلتی در فضای سبز شهر یاسوج توصیه می‌گردد. به‌علاوه نتایج پژوهشی نشان داد که

در سه گونه موردمطالعه با افزایش درصد پساب تا ۵۰ درصد، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و سپس تا سطح ۱۰۰ درصد ثابت باقی ماند. عملکرد کاه نیز تحت‌تأثیر پساب قرار گرفت و در بین سه گونه موردمطالعه، تریتیکاله بیش‌ترین افزایش عملکرد کاه را در نتیجه کاربرد پساب نشان داد. میزان پروتئین دانه نیز با کاربرد پساب کاهش نشان داد. به‌طورکلی نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از پساب در آبیاری سه محصول زراعی موردمطالعه بر عملکرد دانه و اجزای آن و عملکرد کاه تأثیر معنی‌داری داشت و بهترین سطح، کاربرد ۵۰ درصد پساب شهری (آبیاری یک‌درمیان با پساب) به‌دست آمد (۸).

با توجه به این‌که خشکی و کم‌آبی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و با عنایت به تأثیر منفی خشکی در محدود نمودن تولید محصولات، نیاز به معرفی روش‌های مدیریتی مانند استفاده از آب‌های متعارف مانند پساب تصفیه‌شده شهری و مدیریت‌های مختلف استفاده از آن است. با توجه به سازگاری وسیع به عوامل مختلف اقلیمی، گیاه کینوا به‌عنوان یک گیاه مناسب در شرایط تغیر اقلیم و متحمل به تنش‌های محیطی موردتوجه قرار گرفته است. بذور این گیاه با توجه به ارزش غذایی بالای آن، غذای مناسبی برای تأمین نیاز غذایی اطفال، افراد سیلیاکی، دیابتی و با فشارخون بالاست. علاوه بر این دانه، کاه و کلش و هم‌چنین علوفه سبز آن نیز برای دام و طیور قابل‌استفاده است. با توجه به نقش بالقوه این گیاه در بهبود امنیت غذایی در آینده و تحمل بالا به تنش‌های محیطی سازمان خواربار جهانی سال ۲۰۱۳ را به‌نام این گیاه نام‌گذاری کرد. در حال حاضر تقاضای جهانی برای کینوا در حال افزایش و میزان تولید جهانی آن کم‌تر از نیاز بازار است. ازاین‌رو، با توجه به کمبود منابع آب شیرین و اهمیت غذایی بالای گیاه کینوا، این پژوهش با هدف امکان‌سنجی استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری و تأثیر رژیم‌های تلفیقی جهت آبیاری گیاه کینوا انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ به‌صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای موردبررسی در این پژوهش عبارت بودند از FW[1]: تیمار شاهد (آبیاری با آب شهری در تمام طول فصل رشد با استفاده از بشرهایی به حجم ۱ لیتری و ۵۰۰ سی‌سی)، TW[2]: پساب تصفیه‌شده شهری (در کل طبق دوره رشد گیاه و به‌میزان نیاز آبی آن، از پساب تصفیه‌شده شهر مشهد استفاده شد. پساب‌های مورداستفاده در ۲۰ لیتری‌هایی با رنگ آبی مات نگهداری و به‌صورت تازه استفاده می‌شدند)، ATW[3]: پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت یک‌درمیان (آبیاری به‌صورت یک‌درمیان، یعنی یک بار پساب و بار دیگر با آب شهری)، MTW[4]: اختلاط ۵۰:۵۰ پساب تصفیه‌شده شهری و آب شهری (در هر نوبت آبیاری نیمی از حجم آب آبیاری با پساب و بقیه با آب شهری در ظرفی جداگانه مخلوط شده و به گیاهان داده شد) و STW[5]: پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی بوده و از مرحله چهار برگی شدن بوته‌ها اعمال شد (شکل ۱).

1- Freshwater
2- Treated wastewater
3- Alternative treated waste water and fresh water
4- Mixture of 50:50 treated waste water and fresh water
5- Subterranean irrigation with treated wastewater

یک در میان پساب شهری ATW	یک در میان پساب شهری ATW	آب شهری FW
پساب تصفیه شده شهری TW	اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری MTW	اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری MTW
پساب تصفیه شده شهری TW	آب شهری FW	پساب تصفیه شده شهری زیر سطحی STW
پساب تصفیه شده شهری زیر سطحی STW	پساب تصفیه شده شهری TW	یک در میان پساب شهری ATW
آب شهری FW	اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری MTW	پساب تصفیه شده شهری زیر سطحی STW

شکل ۱- شماتیک موقعیت تیمارها و گلدان‌ها در گلخانه.

Figure 1. Station and replication Treatment and pots in greenhouse.

جهت اعمال تیمار آبیاری زیرسطحی، گلدان‌ها درون ظروفی قرار داده شد. برای جلوگیری از تبخیر از سطح ظرف، بر روی آن از ورق آلومینیومی استفاده گردید. در هر نوبت آبیاری، میزان آب مصرفی گیاه (بر اساس ظرفیت زراعی) در آن ظروف ریخته شد تا توسط گیاه جذب گردد. پس از استقرار کامل گیاه در گلدان‌ها، تیمارهای آبیاری اعمال شد. به‌عبارت‌دیگر تا مرحله ٤ برگی ٤ دوره آبیاری با آب چاه و به میزان هر نوبت ۵۰۰ میلی‌لیتر اعمال شد. پس از اعمال تیمارهای شوری نیز ۱۸ نوبت و هر نوبت به میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر آبیاری انجام شد. دور آبیاری در این طرح متغیر و عمق آبیاری ثابت بوده که با استفاده از روش وزنی تعیین شد.

خصوصیات شیمیایی آب مورداستفاده در جدول ۱ ارائه شده است. فاضلاب تصفیه شده در این پژوهش فاضلاب تصفیه‌خانه خین عرب مشهد 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 و جهت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها بعد از خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده شد. قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج 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 شدند. هم‌چنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده در این پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

در این پژوهش، از گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. گلدان‌ها بر روی زمین قرار گرفته و در تاریخ ۱۰ دی ۱۳۹٦ ده بذر گیاه دارویی کینوا رقم Titicaca کاشته شد. بوته‌های اضافی پس از استقرار گیاه در مرحله ٤ برگی به ۳ گیاه در گلدان تقلیل یافت. پس از استقرار کامل گیاه در گلدان‌ها، تیمارهای آبیاری اعمال شد. 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 تعیین شد، اعمال گردید.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب شهری و پساب شهری تصفیه‌شده مورداستفاده.

Table 1. Selected chemical properties of used freshwater and treated urban wastewater.

پساب تصفیه‌شده شهری Treated urban wastewater	آب شهری Freshwater	ترکیبات شیمیایی Chemical properties
1.6	0.95	شوری EC (dS/m)
7.9	8.2	اسیدیته pH
-	7.0	بیکربنات HCO_3 (meq/L)
75	0.7	سولفات SO_4 (meq/L)
37.32	3.3	منیزیم Mg (meq/L)
50.46	4.7	کلسیم Ca (meq/L)
-	0.48	پتاسیم K (meq/L)
-	0.27	سدیم Na (meq/L)
590	1.05	کلر Cl (meq/L)
-	2.71	SAR
1.25	-	نیترات NO_3 (meq/L)
168	-	اکسیژن‌خواهی شیمیایی COD (mg/L)
85	-	اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی BOD_5 (mg/L)
125	-	کل مواد جامد محلول TDS (mg/l)

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 2. Selected physical and chemical properties of used soils.

پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	pH	هدایت الکتریکی EC	چگالی ظاهری Bulk density	حد ظرفیت زراعی (درصد) Field Capacity (Percent)	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت خاک Soil texture
mgKg^{-1}				dSm^{-1}	gcm^{-3}		درصد Percent			
106.4	5.8	504	7.85	1.2	1.34	26	21	53	26	سیلتی لومی Silty Loamy

دستگاه TDR مدل PMS- 714 ساخت تایوان و به‌صورت پرتابل بوده که تنها یک حس‌گر دارد. آن برای خاک موردنظر کالیبره شد. کالیبراسیون در این پژوهش توسط ۳ نقطه در هر تکرار داده‌برداری با استفاده از دستگاه TDR مذکور انجام شد. در انتها میانگین ۳ برداشت به‌عنوان داده هر یک از گلدان‌ها در هر بار داده‌برداری یادداشت گردید. برای کنترل دقت دستگاه مذکور از روش وزنی استفاده شد. برای اندازه‌گیری رطوبت وزنی نمونه‌ها در هرروز، گلدان‌ها و تغییرات میزان آب خاک گلدان‌ها، اندازه گرفته شد که مشخص شد گلدان‌ها به‌صورت هوا خشک رطوبت از دست دادند.

وجین علف‌های هرز با دست و در طی ٤ مرحله انجام شد. در انتهای آزمایش و پس‌ازاین‌که گیاهان وارد مرحله گلدهی شدند بوته‌ها برداشت شده و از طرفی با توجه به اینکه گیاه کینوا به‌صورت خام نیز

مورداستفاده قرار می‌گیرد در این پژوهش در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹٦ گیاهان کف‌بری شده و به آزمایشگاه منتقل شد. صفات فیزیولوژیکی و زراعی برداشت شده 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 (اندازه‌گیری با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ بود که سپس نمونه‌ها به‌مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بعد از خشک شدن با ترازو توزین شدند)، شاخص سبزینگی (با استفاده از دستگاه اسپد ۵۰۲)، سطح برگ (با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج[1]) و قطر ساقه (با استفاده از کولیس دیجیتالی) بود. در انتها داده‌ها با نرم‌افزار SAS (ver. 9.0) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس صفات موردبررسی نشان داد که رژیم‌های مختلف آب آبیاری بر صفات تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، ارتفاع، شاخص سبزینگی و سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بوده و بر صفت تعداد شاخه فرعی، وزن خشک اندام هوایی و قطر ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده این موضوع است که رژیم‌های مختلف استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری مشهد جهت آبیاری باعث افزایش صفات تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ گیاه کینوا در مقایسه با آب شهری شد و تفاوت بین تیمارها معنی‌دار گردید (شکل ۲). لازم به ذکر است که در صفت تعداد برگ بین تیمارهای پساب تصفیه‌شده و اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت. از طرفی در صفت تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌داری بین صفات پساب تصفیه‌شده شهری، اختلاط ۵۰:۵۰ پساب شهری و آب شهری و استفاده از پساب شهری به‌صورت زیرسطحی در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد. تعداد برگ در تیماری که پساب تصفیه‌شده به‌صورت زیرسطحی آبیاری شد نسبت به تیماری که از پساب تصفیه‌شده به‌صورت سطحی آبیاری شد به‌طور معنی‌داری به مقدار ۹/٦ درصد افزایش نشان داد. بیش‌ترین تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی در تیمار آبیاری پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی به‌ترتیب با ۸٦/۳ و ۱۰ عدد مشاهده شد، از طرفی کم‌ترین مقدار این صفات نیز در تیمار آب شهری به‌ترتیب با ۵۱/۳ و ٦ عدد مشاهده شد. استفاده از پساب در همه تیمارها سبب افزایش صفات مذکور شده به‌طوری‌که آبیاری با این رژیم‌ها سبب افزایش تعداد برگ و تعداد شاخه جانبی به‌ترتیب به‌میزان ۵۳/٤ و ۵۵ درصدی برای پساب تصفیه‌شده شهری، ٤۳/۷ و ۵۵ درصدی برای اختلاط ۵۰:۵۰ پساب شهری و آب شهری، ۳۹ و ۳۳/۳ درصدی برای یک‌درمیان پساب تصفیه‌شده شهری و ٦۸/۲ و ٦٦/۷ درصدی برای پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی شد. مقایسه میانگین‌ها براساس شکل ۳ نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی مربوط به تیمار آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی با ۱۳/۹ و ۰/۹۸ گرم و کم‌ترین مقدار با ۷/۲ و ۰/٤٦ گرم در تیمار آب شهری مشاهده شد.

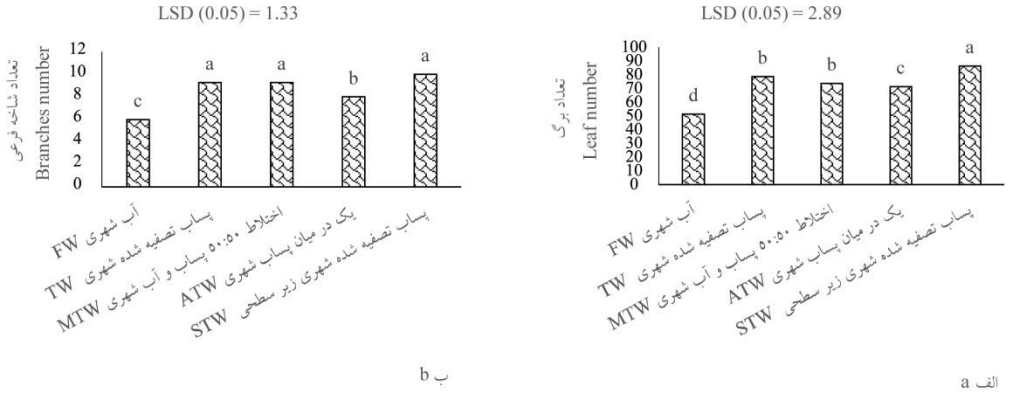
۱- مدل Leaf area meter Licorn

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و رشدی گیاه دارویی کینوا.

Table 3. Analysis of variance for morphologic and growth of Quinoa plant.

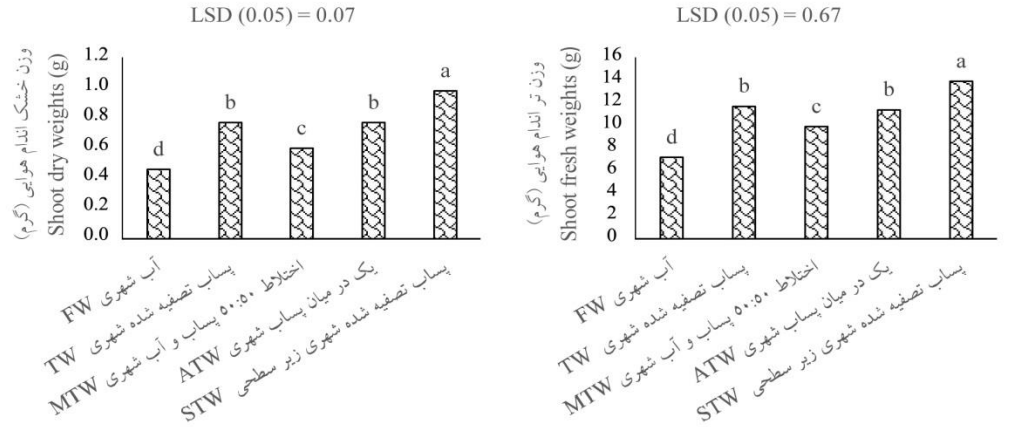
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean Square								
		تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه فرعی Branches number	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	شاخص سبزینگی SPAD index	سطح برگ Leaf area	عملکرد دانه Grain yield
کیفیت آب آبیاری Quality of irrigation water	4	509.9**	7.6*	18.43**	0.11*	227.3**	0.007*	17.9**	2968.4**	23.3**
خطا Error	10	2.53	0.54	0.14	0.002	1.98	0.00002	0.34	5.5	0.7
ضریب تغییرات CV		2.2	8.6	3.4	5.4	3.5	3.6	2.4	2.3	3.9

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد (Significant at P<0.01)، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد (Significant at P<0.05)، ^{ns} غیرمعنی‌دار (non significant).



شکل ۲- اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر الف) تعداد برگ، ب) تعداد شاخه فرعی در تک‌بوته گیاه دارویی کینوا.

Figure 2. The effects of different irrigation regimes on a) leaf number and b) branches number of Quinoa.

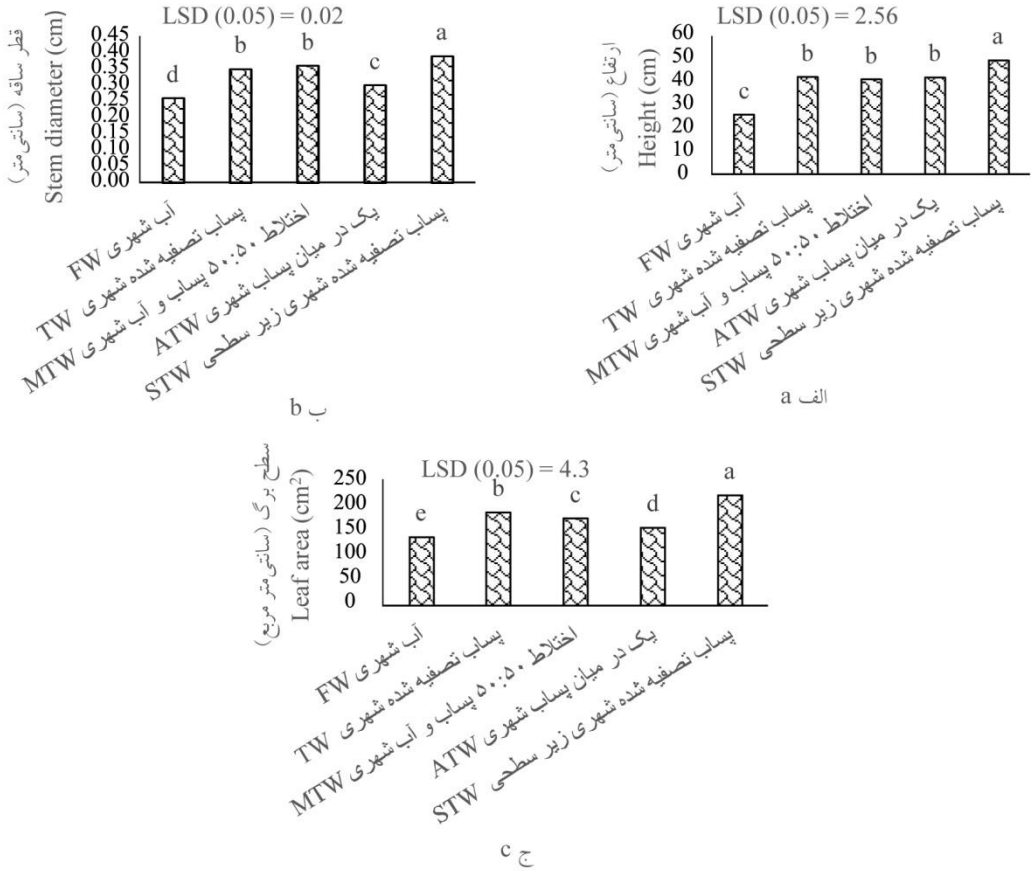


شکل ۳- اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر وزن تر و خشک اندام هوایی در تک‌بوته گیاه دارویی کینوا.

Figure 3. The effects of different irrigation regimes on shoot fresh and dry weights of Quinoa.

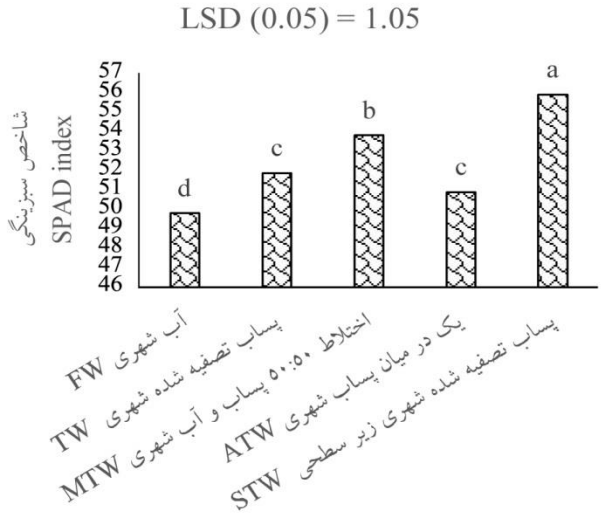
لازم به ذکر است که تیمارهای یک‌درمیان و پساب تصفیه‌شده شهری از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر نداشتند. از طرفی تیمار آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی نسبت به سایر تیمارها اثر مثبت بیش‌تری بر روی گیاه ایجاد کرد، به‌طوری‌که آبیاری به‌صورت زیرسطحی منجر به افزایش معنی‌دار ۹۳/۱ درصدی وزن تر اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد ولی تیمارهای پساب تصفیه‌شده، اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری و یک‌درمیان پساب تصفیه‌شده شهری و آب شهری منجر به افزایش ٦۲/۵، ۳۷/۵ و ۵۸/۳ درصدی وزن تر اندام هوایی شدند. آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده این موضوع است که رژیم‌های مختلف استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری مشهد جهت آبیاری باعث افزایش صفات ارتفاع، قطر ساقه و سطح برگ در تک بوته گیاه کینوا در مقایسه با آب شهری شد (شکل ٤). لازم به ذکر است که در صفت ارتفاع بوته بین تیمارهای پساب تصفیه‌شده، اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری و تیمار یک‌درمیان پساب تصفیه‌شده و آب شهری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت. از طرفی در صفت قطر ساقه اختلاف معنی‌داری بین صفات پساب تصفیه‌شده شهری و اختلاط ۵۰:۵۰ پساب شهری و آب شهری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد. ارتفاع گیاه در تیماری که پساب تصفیه‌شده به‌صورت زیرسطحی آبیاری شد نسبت به تیماری که از پساب تصفیه‌شده به‌صورت سطحی آبیاری شد به‌طور معنی‌داری به مقدار ۱۷/۵ درصد افزایش نشان داد. بیش‌ترین میزان ارتفاع، قطر ساقه و سطح برگ در تیمار آبیاری پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی به‌ترتیب با ٤۹/۷ سانتی‌متر، ۰/۳۹ سانتی‌متر و ۲۱۸/۸ سانتی‌مترمربع مشاهده شد، از طرفی کم‌ترین مقدار این صفات نیز در تیمار آب شهری به‌ترتیب با ۲۵/۹ سانتی‌متر، ۰/۲٦ سانتی‌متر و ۱۳۵/۸ سانتی‌مترمربع مشاهده گردید. مقایسه میانگین‌ها بر اساس شکل ۵ نشان داد که بیش‌ترین میزان شاخص سبزینگی مربوط به تیمار آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی با ۵۵/۹ و کم‌ترین مقدار با ٤۹/۸ در تیمار آب شهری مشاهده شد. لازم به ذکر است که تیمارهای یک‌درمیان و پساب تصفیه‌شده شهری از نظر شاخص سبزینگی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر نداشت. براساس جدول ۳ عملکرد دانه در اثر ترکیبات تیماری مورداستفاده در این پژوهش به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و یک درصد معنی‌دار شد.

براساس شکل ٦ در صفت عملکرد دانه در شرایط استفاده از پساب در آبیاری این گیاه روندی افزایشی مشاهده شد، به‌طوری‌که استفاده از پساب در کل دوره رشد، اختلاط ۵۰:۵۰، استفاده یک‌درمیان پساب و آب چاه و استفاده به‌صورت زیرسطحی از پساب سبب افزایش ۳۰/۷، ۸/۸، ۲۰/٦ و ۳٦/۱ درصد نسبت به تیمار آبیاری با آب چاه شد. در این صفت بین آبیاری سطحی و زیرسطحی با پساب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



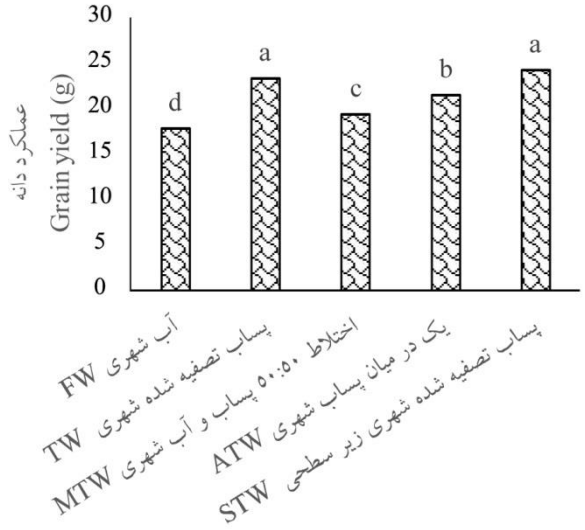
شکل ٤- اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر الف) ارتفاع، ب) قطر ساقه، ج) سطح برگ کینوا.

Figure 4. The effects of different irrigation regimes on a) height, b) stem diameter, and c) leaf area of Quinoa.



شکل ٥- اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر شاخص سبزینگی کینوا.

Figure 5. The effects of different irrigation regimes on SPAD index of Quinoa.



شکل ٦- اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه کینوا.

Figure 6. The effects of different irrigation regimes on grain yield of Quinoa.

عدم تفاوت معنی‌دار در صفات تعداد شاخه فرعی و برگ در شرایط اعمال آبیاری با پساب تصفیه‌شده و اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری می‌تواند حاصل توسعه بهتر ریشه در شرایط استفاده از تیمار اختلاطی به‌دلیل کاهش تجمع املاح و جذب بهتر در مواد غذایی توسط گیاه باشد. این عامل ممکن است سبب شاخه‌زایی و افزایش سطح برگ به‌واسطه افزایش شیره پرورده تولیدی باشد. دلیل این‌که برخی صفات تیمار آبیاری زیرسطحی نسبت به سایرین دارای بیش‌ترین مقدار است، می‌تواند ناشی از تجمع املاح باشد که بعضاً منجر به افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شود. نتایج نشان‌دهنده وابستگی صفات مورفولوژیکی و رشدی گیاه دارویی کینوا به کیفیت آب آبیاری است. به‌عبارت‌دیگر، مواد مغذی و آلی موجود در پساب دلیل وابستگی گیاه کینوا به کیفیت آب آبیاری است. به‌نظر می‌رسد آبیاری با پساب با تأمین برخی از عناصر غذایی موردنیاز گیاه منجر به افزایش عملکرد بهتر 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 مناسبت‌تر بوته‌ها که توسط عناصر موجود در پساب صورت گرفته است موجب بهبود در عملکرد بهتر اندام هوایی می‌شود. دلیل افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی در شرایط استفاده از پساب می‌تواند وجود نیتروژن نیتراتی موجود در پساب تصفیه‌شده باشد که باعث افزایش عملکرد شده است. با توجه به وجود عناصر موردنیاز گیاه مانند پتاسیم، فسفر و نیتروژن در پساب نسبت به آب شهری، افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاه کینوا در این پژوهش دور از انتظار نیست که در تأیید برخی از مطالعات پیشین است. به‌عنوان‌مثال، پژوهشی بر روی تربچه گزارش کرد که به‌دلیل غلظت بالای عناصر پرمصرف در پساب، وزن تر اندام هوایی و ریشه تحت آبیاری با پساب افزایش معنی‌داری داشته است (۱۸). به‌عبارت‌دیگر، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و سطح برگ از جمله عوامل نشان‌دهنده میزان رشد گیاه است که به‌دلیل وجود عناصر موردنیاز گیاه در پساب

افزایش یافت. افزایش تعداد ساقه‌های فرعی در اثر آبیاری با پساب شهری 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 ساقه‌های فرعی به وجود می‌آورد. همان‌طور که مشاهده شد، پساب این توانایی را دارد که مواد غذایی موردنیاز گیاه را فراهم کند، با افزایش مواد غذایی در دسترس گیاه جوانه‌های جانبی رشد نموده و ساقه‌های فرعی با افزایش نسبت پساب افزایش یافته است. آبیاری با پساب باعث تسهیل برگ‌دهی و افزایش تعداد برگ و به‌تبع آن افزایش سطح فتوسنتزی گیاه می‌شود (۱۶). با توجه به نتایج می‌توان دریافت که قطر ساقه در طی مراحل نموی گیاه تحت‌تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تأمین عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و پتاسیم توسط پساب باعث رشد بهتر گیاه و افزایش مقاومت گیاهی می‌گردد و قطر ساقه نیز افزایش می‌یابد. دلیل این امر را می‌توان به رشد سریع‌تر و مطلوب‌تر ریشه درنتیجه ورود تدریجی مواد غذایی موجود در پساب به خاک نسبت داد. آبیاری با پساب به‌دلیل وجود عناصر غذایی همراه، سبب افزایش حجم و آماس بیش‌تر سلول‌ها و درنتیجه منجر به افزایش وزن تر و وزن خشک برگ در مقایسه با شاهد گردیده که با نتایج برخی از پژوهشگران تطابق دارد (۳، ۷ و ۲۰). هم‌چنین نتایج این پژوهش با نتایج پژوهشی بر روی کینوا (۱۱)، بر روی تربچه (٤) و بر روی ذرت (۱۷) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش مشخص گردید که همه مشخصه‌های موردبررسی گیاه کینوا در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند و در تمامی تیمارهایی که از پساب تصفیه‌شده استفاده شده در مقایسه با آب شهری افزایش عملکرد مشاهده شد. تیمار آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری به‌صورت زیرسطحی نسبت به سایر تیمارها اثر مثبت بیش‌تری بر روی گیاه ایجاد کرد، به‌طوری‌که آبیاری به‌صورت زیرسطحی منجر به افزایش معنی‌دار ۹۳/۱ و درصدی وزن تر اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد ولی تیمارهای پساب تصفیه‌شده، اختلاط ۵۰:۵۰ پساب و آب شهری و یک‌درمیان پساب تصفیه‌شده شهری و آب شهری منجر به افزایش ٦۲/۵، ۳۷/۵ و ۵۸/۳ درصدی وزن تر اندام هوایی شد. با توجه به این‌که در بیش‌تر صفات آبیاری، آبیاری زیرسطحی نسبت به تیمارهای دیگر (پساب شهری، یک‌درمیان و اختلاط) منجر به افزایش بیش‌تر در همه صفات شده بود، بنابراین این تیمار جهت آبیاری گیاه کینوا رقم Titicaca در شرایط آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری توصیه می‌شود. نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از آب فاضلاب تصفیه‌شده ضمن افزایش عملکرد گیاه کینوا می‌تواند باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین و مصرف کودهای شیمیایی شود. به‌عبارت‌دیگر، با توجه به هدف کشاورزی پایدار که استفاده حداقلی از کودهای شیمیایی است، استفاده از پساب از طرفی به‌دلیل کاهش استفاده از کود شیمیایی و هزینه‌های آن و از طرفی دیگر با توجه به قیمت محصول کینوا در مقایسه با سایر غلات، برای کشاورز عواید بیشتری را به همراه داشته و از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه است. به‌هرحال، پیشنهاد می‌شود که اثر توأم سطوح مختلف آبیاری و مدیریت تلفیقی پساب تصفیه‌شده شهری نیز بر روی عملکرد و اجزای گیاه کینوا موردبررسی قرار گیرد.

منابع

1.Abedi, M.J., Nairizi, S., Ebrahimi Birang, N., Maherani, M., Khaledi, H., Mehrdadi, N., and Cheraghi, A.M. 2002. Saline Water Utilization in Sustainable Agriculture. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. 224p. (In Persian)

2.Afshoun, N., Faraji, H., and Hoseini, M. 2012. The amount of adsorption of micro and macro in Festuca rubra grass leaves affected by soil texture and irrigation with treated municipal wastewater. Third National Conference on Agricultural and Food Industries. Fasa Islamic Azad university, Fasa, Iran, Pp: 1-5. (In Persian)

3.Alizadeh, A., Bazari, M.E., Velayati, S., Hasheminia, M., and Yaghmaie, M. 2001. Irrigation of cron with wastewater. 52nd ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul. Korea, Pp: 137-146.

4.Bakhsh, K., and Hassan, S. 2005. Use of sewage water for radish cultivation: A case study of Punjab. Pakistan Social Sciences. 4: 322-326.

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., and Hirich, A. 2012. Effect of domestic treated wastewater use on three varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) under semiarid conditions. Inter. J. Environ. Ecol. Engin. 6: 8. 562-565.

7.Erfani, A., Haghnia, G., and Alizadeh, A. 2002. Yield and chemical composition of Lettuce and some soil characteristics as affected by irrigation with wastewater. water and soil science. 6: 1. 71-92. (In Persian)

8.Faizi, H., and Rezvanimoghadam, P. 2008. Use of treated urban wastewater for the production of wheat, barley and triticale. Third National Congress for the Recycling and Use of Renewable Organic Resources in Agriculture. Islamic Azad university branches of Khorasgan. Esfahan. Iran, Pp: 1-8. (In Persian)

9.Farré, I., and Faci, J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural water management. 96: 3. 383-394.

10.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.

11.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.

12.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 Agronomy. 22: 2. 131-139.

13.Jamali, S. 2017. Investigation the effect of different salinity and deficit irrigation levels on yield and yield components of Quinoa. M.Sc. Thesis. Gorgan university of Agriculture Science and Natural Resource. 184p. (In Persian)

14.Janosova, B., Miklankova, J., Hlavinek, P., and Wintgens, T. 2006. Drivers for wastewater reuse regional analysis in the Czech Republic. Desalination. 187: 103-114.

15.Massoudinejad, M.R., Manshouri, M., and Yazdanbakhsh, A.R. 2008. Study of the reuse of Zamyad factory wastewater treatment plant in irrigation. Iran Environmental Health Science and Engineering. 3: 4. 285-288.

16.Myers, B.J., Theiveyanath, S.O., Brian, N.O., and Bond, W.J. 1996. Growth and water use of Eucalyptus *grandis* and *Pinus radiata* plantation irrigated with effluent. Tree Physiology. 16: 211-219.

17. Nikbakht, J., and Rezaee, E. 2017. Effect of different levels of magnetized wastewater on yield and water use efficiency in maize and some of soil physical properties. Iran. J. Soil Water Res. 48: 1. 63-75. (In Persian)
18. Rahimi Alashty, S., Bahmanyar, M.A., and Ghajar Sepanlou, M. 2011. The effects of sewage sludge application on pH, EC, O.C, Pb and Cd in soil and lettuce and radish plants. J. Water Soil Cons. 18: 3. 133-148. (In Persian)
19. Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab Salmasi, S., Alami-Milani, M., Ostan, Sh., and Abdoli, S. 2016. Effect of Using Wastewater from a Yeast Production Plant on Yield and Yield Components of Wheat in Qaramalek Area of Tabriz. Agricultural science and sustainable production. 25: 2. 64-77. (In Persian)
20. Taei Semiromi, J. 2006. Evaluation of the effects of Zabol treated wastewater on soil properties, yield and yield components of wheat. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture. Zabol university. 125p. (In Persian)
21. Yazdani, A., Saffari, M., and Ranjbar, Gh. 2018. Effects of irrigation with treated wastewater on yield and grain heavy metals content of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. Iran. J. Crop Sci. 19: 4. 284-296. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(1), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.16668.3196

Effect of Conjunctive Wastewater Regimes on Yield and Yield components of Quinoa

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

[1]Ph.D. Student, Dept. of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,
[2]B.Sc. Student, Dept. of Management of Arid and Desert Areas, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad,
[3]Assistant Prof. and Faculty Member, Faculty of Natural Resources and Environment, Water and Environment Research Institute, Ferdowsi University of Mashhad
Received: 05.20.2019; Accepted: 01.28.2020

Abstract

Background and Objectives: Increasing population along with the global crisis of fresh water resources necessitate the use of unconventional water resources in agriculture as the largest consumer of fresh water, especially in arid and semi-arid regions. Since one of the important goals in sustainable agriculture due to the water resources crisis is to increase water use efficiency, therefore, it is necessary to use techniques to achieve this goal. Due to the scarcity of high-quality water, the use of unconventional water (municipal wastewater) is increasingly under consideration.

Materials and Methods: An investigation was done to evaluate effects of different regimes of urban wastewater on performance and yield components of Quinoa plant (cv. Titicaca), at Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad, during 2017-2018. The research was based on completely randomized design with 3 replications in greenhouse conditions and in pots. Five applied treatments were urban fresh water, urban wastewater, alternate wastewater and fresh water, mixture of 50-50 wastewater and freshwater and subterranean irrigation with urban wastewater. Physical and chemical properties of irrigation water and of soil were determined before experiment. The obtained data analyzed using statistical software of SAS (Ver. 9.0) and the means were compared using LSD test at 5% percent levels.

Results: The results showed that the treatments were effective on number of leaves, shoot fresh weight, plant height, SPAD index and leaf area at 1% significance level ($P<0.01$), but on number of branches, shoot dry weight and stem diameter at 5% significance level ($P<0.05$). According to the results of the study, the use of urban refined wastewater increased all the traits. The results showed that the highest and lowest of shoot fresh weights (13.9 and 7.2 g), shoot dry weights (0.98 and 0.46 g), leaf number (86.3 and 51.3), branches number (10 and 6), height (49.7 and 25.9 cm), leaf area (218.8 and 135.8 cm^2) and grain yield (24.23 and 17.8 g) in subterranean irrigation and control treatment, respectively.

Conclusion: The urban wastewater, alternate, mixture of 50-50 and subterranean irrigation treatments resulted in an increase of 62.5%, 37.5%, 58.3% and 93.1% of total yield, respectively. Furthermore, the results of the experiment showed that the use of refined sewage water for irrigation of Quinoa crop can increase the yield of Quinoa, decrease the cost of supplying and using fertilizers.

Keywords: Alternate, Fresh Water, Mixture, Subterranean Irrigation, Unconventional Water, Wastewater

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