

مقاله علمی-پژوهشی

## بررسی تأثیر پساب شهری بر رشد، عملکرد و بهره‌وری آب چهار رقم گیاه کینوا

مرضیه مهدی‌پور<sup>۱</sup>، عدنان صادقی لاری<sup>۲\*</sup>، حمیدرضا کمالی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۶

### چکیده

باتوجه به کاهش منابع آبی، استفاده از آب‌های نامتعارف می‌تواند به یکی از منابع پایدار تأمین آب در بخش کشاورزی تبدیل شده و به افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی کمک کند. به این منظور در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر پساب شهری بر عملکرد چهار رقم گیاه کینوا پرداخته شده است. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت گلدانی در گلخانه دانشگاه هرمزگان در سال ۱۴۰۱ صورت گرفت. فاکتور اول شامل چهار رقم کینوا به نام‌های Titicaca، Q26، Q29 و Q29، Giza-1 و فاکتور دوم شامل سه تیمار آبیاری با آب شهری (I<sub>r</sub>)، آبیاری با پساب (I<sub>w</sub>) و آبیاری یک‌درمیان با آب شهری و پساب (I<sub>rw</sub>) بود. جهت ارزیابی پارامترهایی مانند وزن دانه، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، ارتفاع، شاخص کلروفیل (SPAD)، سطح برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) و آلودگی میکروبی اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS در سطح احتمالی ۵٪ انجام گردید. نتایج نشان داد که استفاده از پساب منجر به افزایش برخی از صفات اندازه‌گیری، از جمله مقدار محصول و IWUE شده است. جهت اطمینان از سلامت محصول به‌دست‌آمده، محصول دانه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان‌دهنده عدم آلودگی بذر تولید شده بود.

### واژه‌های کلیدی: آب نامتعارف، آلودگی میکروبی، کارایی مصرف آب، فاضلاب

### مقدمه

اسیدهای آمینه ضروری بدن است (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۶). با در نظر گرفتن نقش آب در فعالیت‌های کشاورزی و لزوم افزایش کارایی استفاده از آب آبیاری، یکی از روش‌های مناسب برای دوام و پایداری فعالیت‌های کشاورزی، استفاده علمی از پساب تصفیه شده است. از آنجاییکه سه عنصر پتاسیم، نیتروژن و فسفر در پساب غلظت بالایی دارد، استفاده از پساب علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، به تأمین عناصر لازم برای رشد گیاهان نیز کمک کرده که منجر به صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای در مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. در پژوهشی که در کشور مکزیک انجام شده است، تأثیر استفاده از پساب بر رشد و عملکرد کینوا مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که متغیرهای رشد (ارتفاع گیاه، قطر ساقه و تعداد برگ) و زیست‌توده در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده به طور قابل‌توجهی بالاتر بود. میزان نیتروژن و فسفر در تیمارهایی که پساب دریافت می‌کردند، به طور قابل‌توجهی بیشتر بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، نویسندگان نتیجه گرفتند که آبیاری با پساب می‌تواند جایگزینی باشد که به کاهش استفاده از کودهای شیمیایی کمک می‌کند، زیرا منبع مهمی از مواد مغذی در محصولات علوفه‌ای است (Velasco-Cruz, 2023). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که ترکیب استراتژی کم آبیاری و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa Willd*) گیاهی یک‌ساله از خانوادهٔ اسفناجیان، بومی مناطق آمریکا جنوبی و ارتفاعات بلند آند در بولیوی، شیلی و پرو است. مردم این مناطق کینوا به طور ۵۰۰۰ سال به طور مداوم در تغذیه خود استفاده کرده‌اند، به طوری که در سال ۲۰۰۳، بولیوی و پرو با ۸۸ درصد تولید جهانی بزرگ‌ترین صادرکننده کینوا بودند. بذر کینوا منبع، خوبی از آنتی‌اکسیدان و مواد غذایی مفید داراست که برای تهیه نان، سوپ، سالاد، غذای مناسب افراد سلیاکی و غذای نوزاد استفاده می‌شود. مهم‌ترین محصول این گیاه، دانه آن است که ارزش غذایی مناسب و دارای مقدار مناسب

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، میناب، ایران

\*نویسنده مسئول: [adnan.sadeghilari@hormozgan.ac.ir](mailto:adnan.sadeghilari@hormozgan.ac.ir)

DOI: [10.22034/ijdi.2025.539059.2620](https://doi.org/10.22034/ijdi.2025.539059.2620)

قطره‌های سطحی و قطره‌های زیرسطحی، بالاترین وزن نسبی را به خود اختصاص دادند.

در پژوهش مشابهی اثر آبیاری با کیفیت‌های مختلف آب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca بررسی گردید. تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل آب شهری، پساب استخر ماهی، پساب شهری و آب شور بود. نتایج نشان داد که تیمار مورد بررسی بر تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، قطر ساقه، شاخص سبزیگی و سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده، ولی بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در این تحقیق نتایج نشان دهنده اثر منفی شوری بر روی کلیه صفات مورد بررسی بود، از طرفی استفاده از پساب استخر ماهی و پساب تصفیه شده شهری منجر به افزایش کلیه صفات شد (جمالی و انصاری، ۱۳۹۸).

در بررسی تأثیر غلظت‌های رقیق شده آب دریا بر صفات جوانه‌زنی و برخی شاخص‌های ریخت‌شناسی سه رقم کینوا شامل ردکارینا، Q26 و Q29 در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با ۶ تکرار در پتری دیش و گلدان انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش شوری از ۹ به ۱۲ و ۱۵ دسی زیمنس، کاهش غیرمعنی‌دار نسبت به شاهد در سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. با افزایش شوری تا ۱۵ دسی زیمنس صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، طول برگ و سطح برگ کاهش یافت بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم Q26 بود. رقم Q26 در مقایسه با دو رقم حساسیت کمتری در شرایط شوری در صفات مختلف مانند اندازه و تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع قبل و بعد از گلدهی گیاه نشان داد (شاکری و همکاران، ۱۳۹۵).

در بررسی تأثیر پساب تصفیه‌خانه، شهر اکباتان بر آلودگی بیولوژیکی خاک‌نشان داده شده است. عملکرد ستون خاک در حذف آلاینده‌های مهم همچون BOD و COD به ترتیب ۹۳،۵ و ۷۹،۵ درصد بود. اما مقدار حذف کلی فرم و کلی فرم مدفوعی به طور متوسط ۹۸ درصد گزارش نمودند. (حسن اقلی و همکاران، ۱۳۸۸).

همواره یکی از نگرانی‌های استفاده از پساب، بحث آلودگی آن و انتقال این آلودگی به محصول است. در بررسی کیفیت، باکتریایی خاک‌های آبیاری شده با پساب گزارش شده است که تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت و کلی فرم‌های خاک تحت تیمار فاضلاب افزایش یافته بود. ولی بقا و تعداد آنها باگذشت زمان از انجام آبیاری کاهش یافته است (عالی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۴).

در بررسی کیفیت میکروبی آب‌های سطحی رودخانه هراز و شاخصه‌ای میکروبی کل کلی فرم<sup>۱</sup> و کلی فرم مدفوعی<sup>۲</sup> در مطالعات

برای آبیاری، می‌تواند بهره‌وری آب گیاه کینوا را در شرایط منابع آبی محدود بهبود بخشد (Hirich, 2013). کیفیت پساب یکی دیگر از عواملی است که بر رشد و عملکرد محصول اثرگذار است. پژوهش انجام شده در کشور مراکش بر روی سه رقم گیاه کینوا نشان می‌دهد که افزایش EC آب آبیاری بر عملکرد رقم‌ها تأثیری نداشت، هر چند که شوری باعث کاهش ارتفاع گیاه و کاهش وزن تر و خشک در قسمت‌های مختلف گیاه هر سه رقم شد؛ بنابراین، کینوا در برابر شوری مقاومت کرد و رفتار یک محصول هالوفیت آبیاری را نشان داد. در واقع، کشت این گیاه با استفاده از فاضلاب تصفیه شده به‌ویژه در مناطق خشک برای استفاده پایدار از منابع آب امکان‌پذیر است (El Yousfi et al., 2012).

در پژوهش جمالی و همکاران (۱۳۹۹-الف) اثر تیمارهای مختلف پساب تصفیه شده شهری بر عملکرد و اجزای گیاه کینوا رقم Titicaca مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش تیمار پساب شهری، متناوب یک درمیان، اختلاط ۵۰:۵۰ پساب شهری و آبیاری زیرسطحی پساب شهری مورد آزمایش قرار گرفت که بترتیب منجر به افزایش ۶۲/۵، ۳۷/۵، ۵۸/۳ و ۹۳/۱ درصدی عملکرد کل شدند.

در پژوهش دیگری که باهدف بررسی اثر توأم کیفیت‌های مختلف آب آبیاری و زایتونیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم Titicaca انجام شد، تأثیر کیفیت آب آبیاری (آب شهری، پساب شهری، پساب استخر ماهی و آب شور) و زایتونیک (صفر و ۱ کیلوگرم در مترمربع) مورد بررسی قرار گرفت (جمالی و شریفان، ۱۳۹۹-ب). نتایج نشان‌دهنده اثر منفی شوری بر روی کلیه صفات مورد بررسی بود، از طرفی استفاده از پساب استخر ماهی و پساب تصفیه شده شهری منجر به افزایش کلیه صفات شد.

به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر کینوا آزمایشی به صورت فاکتوریل دو عاملی با استفاده از عامل‌های تنش شوری در پنج سطح ۰، ۰،۵۰، ۴،۳۱، ۸،۰۱، ۱۱،۷۸ و ۱۵،۵۲ دسی زیمنس بر متر و ارقام گیاه کینوا (رقم Sajama و رقم Titicaca) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده استنباط می‌شود که گیاه کینوا به سطوح بالای شوری در مرحله جوانه‌زنی مقاوم بوده و می‌توان نتیجه گرفت که با اعمال مدیریت مناسب در مزرعه، استقرار این گیاه را در شرایط وجود آب‌وخاک شور تضمین نمود (جمالی و همکاران، ۱۳۹۵).

در پژوهش مرادی نژاد (۱۳۹۸) کیفیت پساب فاضلاب شهر اراک به منظور استفاده آن در کشاورزی، تعیین الگوی کشت، و روش آبیاری مناسب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده آن بود که بیش‌ترین عامل محدودکننده برای تعیین الگوی کشت، هدایت الکتریکی آب و خاک و سپس هزینه آب بود که بالاترین درصد وزن نسبی به آنها اختصاص داده شده است. در انتخاب بهترین سیستم آبیاری، سیستم‌های آبیاری

1 Total coliform  
2 Fecal coliform

برخی شاخص‌های رشد گیاهی (ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل) در طول فصل اندازه‌گیری شد. پس از برداشت محصول در تاریخ ۱۴۰۱/۱۱/۲۵، نیز شاخص‌هایی مانند ارتفاع ریشه، وزن تر و خشک اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد. همچنین اندازه‌گیری شاخص کلروفیل (SPAD) در طول فصل رشد در ۴ نمونه‌ی برگ از هر بوته، توسط دستگاه کلروفیل سنج دستی (502-SPAD) اندازه‌گیری شد. مقدار کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE)<sup>۱</sup> برای محصول دانه و بر اساس آب آبی<sup>۲</sup> محاسبه گردید:

$$IWUE = \frac{\text{وزن دانه (گرم)}}{\text{آب آبی (لیتر)}} \quad (1)$$

آزمایش میکروشناسی در محیط آزمایشگاهی و استریل شده و شرایط یکسان طبق دستورالعمل‌های استاندارد انجام شد. به این منظور بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محیط کشت قرار داده شد. هر رقم به طور جداگانه در لوله‌های محیط کشت TSB و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در دستگاه انکوباتور قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت از دستگاه انکوباتور خارج کرده و در محیط کشت مک کانتی آگار به صورت کشت خطی رو دو محیط کشت، کشت داده و دوباره به مدت ۲۴ ساعت در دما ۳۷ درجه در دستگاه انکوباتور قرار دادیم. بعد از رنگ‌آمیزی گرم محیط کشت شده به زیر میکروسکوپ انتقال داده شد (Evans, G. L., & National Committee for Clinical Laboratory Standards, 1996).

برای تعیین اندامگان‌های شاخص شامل کلی‌فرم‌های کل و مدفوعی، اشرشیاکلی از روش تخمیر چند لوله‌ای بر اساس روش‌های ذکر شده در منابع استاندارد استفاده گردید. محیط کشت لوریل تریپتوز به راث، برلیانت گرین لاکتوز بایل به راث و EC به راث برای تشخیص کلی‌فرم کل و مدفوعی و محیط EC-MUG برای ردیابی اشرشیاکلی استفاده شدند. نتیجه آزمایش‌های به صورت تعداد اندامگان (MPN: most probable number) در میلی‌لیتر نمونه پساب و نمونه باکتری و محصول گزارش گردید:

$$MPN = \frac{100 * \text{تعداد لوله های مثبت}}{ml} = \frac{100 * \text{حجم نمونه در تمام لوله ها} \times \text{حجم نمونه در لوله های منفی}}{\sqrt{\quad}} \quad (2)$$

مبنای قضاوت تعداد کلی‌فرم‌های موجود در ۱۰۰cc آب به این صورت که: اگر میزان کلی‌فرم‌ها کمتر از ۱ باشد، آب بسیار سالم است. اگر میزان کلی‌فرم‌ها بین ۱ تا ۲ باشد، آب قابل قبول است. اگر میزان کلی‌فرم‌ها بین ۲ تا ۱۰ باشد، آب غیرقابل استفاده است. اگر میزان کلی‌فرم‌ها بیش از ۱۰ در ۱۰۰cc باشد، اصلاً مورد مصرف قرار نمی‌گیرد.

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های مختلف و از جمله طرح احداث سد مخزنی من گل انجام گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که جمعیت کلی‌فرم‌های بسته به تغییرات فصلی، زمان و مکان نمونه‌برداری متفاوت بوده است و همچنین از نظر کیفی آب رودخانه هراز در سطح پایین بوده جهت مصارف انسان مناسب نیست (یعقوب زاده و صفری، ۱۳۹۴).

نتایج یک پژوهش که به بررسی تأثیر استفاده از پساب بر آلودگی میکروبی خاک‌های فضای سبز شهری شهر زاهدان پرداخته، نشان می‌دهد که کیفیت شیمیایی پساب خروجی تصفیه‌خانه زاهدان با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران از جنبه کاربرد آن در کشاورزی همخوانی داشته لیکن تعداد کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی و تخم انگل پساب فاضلاب بر خاک سطحی درختان نخل آبیاری. شده با این پساب نسبتاً بالا بود که باتوجه به دستورالعمل بهداشت جهانی، برای آبیاری محدود قابل‌پذیرش است (خمیس آبادی و همکاران، ۱۳۹۸).

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر استفاده از پساب شهری بر رشد، عملکرد و بهره‌وری آب مصرفی چهار رقم کینوا است. همچنین از آنجائیکه در زمینه مصرف محصولات تولیدی به دست آمده از پساب، در نظر گرفتن مسائل بهداشتی نیز حائز اهمیت است، برخی پارامترهای بهداشتی نیز بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور، در سه تکرار در سال ۱۴۰۱ به صورت کشت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه هرمزگان، به منظور بررسی تأثیر پساب تصفیه شده بر روی گیاه کینوا اجرا شد. فاکتور اول شامل، چهار رقم کینوا به نام‌های G<sub>1</sub> (Giza-1)، G<sub>2</sub> (Titicaca)، G<sub>3</sub> (Q26) و G<sub>4</sub> (Q29) بود. فاکتور دوم، شامل آبیاری با آب شهری (I<sub>r</sub>)، آبیاری با پساب (I<sub>w</sub>) و آبیاری یک‌درمیان با آب شهری و پساب (I<sub>rw</sub>) بود.

جهت انجام آزمایش تعداد ۳۶ عدد گلدان پلاستیکی تهیه و هر کدام به مقدار ۶/۹ کیلوگرم از خاک پر شد. جهت تهیه بستر مناسب، خاک منطقه ابتدا از الک رد شد و سپس به نسبت ۳ به یک با کود دامی پوسیده شده مخلوط گردید. بذرها ارقام تهیه شده از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرج، در عمق ۱ سانتی متری، به تعداد چهار عدد در هر گلدان و در تاریخ ۱۴۰۱/۸/۷ کشت گردید. آبیاری به وسیله‌ی آب معمولی و بصورت منظم تا زمان سبز شدن انجام شد. پس از سبز شدن و استقرار بوته‌ها، عملیات تنک کردن به گونه‌ای انجام شد که در هر گلدان یک عدد بوته باقی بماند. پس از عملیات تنک کردن، تیمارهای آبیاری اعمال گردید. میزان آبیاری بر اساس تامین کمبود رطوبتی خاک تا حد ظرفیت زراعی مشخص گردید.

تعداد برگ و کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) معنی دار، و بر بقیه‌ی صفات معنی دار نبود. اثر آبیاری بر خصوصیات وزن دانه، وزن شاخه، وزن گل آذین، وزن کل ماده خشک، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد برگ و کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) معنی دار، و بر بقیه‌ی صفات معنی دار نبود. بر اساس جدول ۱، اثر متقابل رقم و آبیاری تنها بر وزن گل آذین، وزن برگ، تعداد شاخه و تعداد برگ در سطح احتمال ۵ یا ۱ درصد معنی دار نبوده و بر بقیه صفات معنی دار بوده است.

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن بین ارقام مختلف (جدول ۲) نشان داد که بیشترین میزان محصول دانه مربوط به رقم‌های Q29 و Titicaca است. همچنین بیشترین میزان شاخص برداشت و کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) نیز مربوط به این دو رقم است.

آزمون مقایسه میانگین‌ها بین تیمارهای مختلف آبیاری (جدول ۳) نشان دهنده‌ی این موضوع است که استفاده از پساب جهت آبیاری باعث افزایش معنی دار در وزن دانه شده است. همچنین پساب باعث افزایش در میزان وزن شاخه، وزن گل آذین، وزن کل ماده خشک، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، کلروفیل و کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) شده است. این در حالی است که استفاده از پساب، باعث کم شدن ارتفاع ریشه شد.

نتایج حاصل از آنالیز آماری با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که استفاده از پساب به طور معنی داری باعث افزایش مقدار محصول شده است (شکل ۱). همچنین بیشترین مقدار دانه‌ی تولید شده مربوط به رقم‌های Q29 و Titicaca می‌باشد که به طور معنی داری از مقدار محصول رقم‌های دیگر بیشتر است. بیشترین مقدار دانه‌ی تولید شده برابر ۰/۲۸ و ۰/۲۶ گرم بر بوته، که به ترتیب مربوط به تیمار پساب اعمال شده بر روی رقم‌های Q29 و Titicaca بوده و کمترین مقدار آن مربوط به رقم Q26 و برابر ۰/۰۹ و ۰/۰۵ گرم بر بوته، که به ترتیب تحت تیمارهای آب شهری و یک در میان اتفاق افتاده است.

پساب علاوه بر مواد مغذی ماکرو نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم مواد مغذی میکرو را نیز دارا است. افزایش وزن دانه (عملکرد) در اثر آبیاری با پساب را می‌توان به غلظت بیشتر عناصر ماکرو و موردنیاز گیاه در پساب فاضلاب تصفیه شده نسبت به آب شهری نسبت داد. آبیاری با پساب منجر به رشد سبزی‌نگی گیاه گشته و به دنبال آن تعداد میان‌گره‌ها، جوانه‌ها، ساقه‌های فرعی و سنبله‌ها افزایش می‌یابد. مواد غذایی موجود در پساب نرخ رشد جوانه‌ها و ساقه‌های فرعی را شدت می‌بخشد که این امر منجر به افزایش احتمال ظهور سنبله و به تبع آن افزایش عملکرد می‌گردد. افزایش تعداد برگ ناشی از وجود مواد مغذی در پساب باعث افزایش سطح فتوسنتزی گیاه، جذب بیشتر نور خورشید، جذب بیشتر دی‌اکسیدکربن، افزایش شیره پرورده و بهبود متابولیسم می‌شود. مجموعه‌ی این عامل‌ها افزایش رشد و نمو گیاه را در پی دارد.

آزمایش تأییدی: این آزمایش تعداد واقعی کلی‌فرم‌ها را معین می‌کند. زیرا در محیط انتخابی BGBB، میکروارگانیزی که رشد نموده و تولید گاز کند، حتماً کلی‌فرم است. در این آزمایش، از محیط کشت برلیانت گرین بایل به راث (BGBB ۸۴) استفاده می‌شود. این محیط را نیز طبق دستور کارخانه سازنده، تهیه و در لوله‌های آزمایش حاوی لوله دوره‌ام ریخته و پس از استریل، به دما ۳۷ رسانده می‌شود. انجام آزمایش تأییدی مربوط به مثبت‌بودن آزمایش MPN است که در مقابل هر لوله مثبت لاکتوز به راث، حاوی گاز در لوله دوره‌ام آن یک لوله BGBB قرار داد. در شرایط استریل و بادقت، با پی پت استریل یک تا دو قطره از محیط لاکتوز به راث برداشته و در دمای ۳۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور قرار داده می‌شود. در صورت ایجاد گاز در لوله‌های دوره‌ام محیط کشت BGBB، آزمایش مثبت تلقی شده، و مراحل قبلی تأیید می‌گردد.

چنانچه تشخیص نوع کلی‌فرم لازم باشد. باید آزمایش‌ها تکمیلی انجام شود. این آزمایش نیز پس از مثبت‌بودن آزمایش تأییدی انجام می‌گیرد. روش آزمایش به این شرح است که از کلیه لوله‌های مثبت در آزمایش تأییدی، به‌صورت روش خطی بر روی محیط کشت E.M.B (اگزوزین متیلن بلو) کشت داده می‌شود پس از انجام کشت آن را برای مدت، ۲۴ ساعت در اتوکلاو و ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده کلونی‌های رشد کرده است.

۱- کلنی‌های مشخص Typical به‌صورت هسته‌دار و جلای فلزی یا بدون جلای فلزی است. ۲- کلنی‌های غیرمشخص بدون هسته با رنگ مات که بعد از ۲۴ ساعت، صورتی‌رنگ می‌شوند. ۳- سایر کلنی‌های موجود منفی تلقی می‌شود در بیان نتایج لاکتوز مشاهده کلنی‌های هسته‌دار، با جلای فلزی گزارش اشیریشیا کلی و دیدن کلنی‌های صورتی‌رنگ، روی این محیط کلبسیلا گزارش می‌شود.

برای اطمینان بیشتر از هر جعبه پتری محتوی کشت، یک یا چند کلنی، مشخص انتخاب کرده در یک لوله محتوی محیط لاکتوز به راث حاوی لوله دوره‌ام کشت داده و قسمتی نیز روی محیط کشت Natural Agar پس از مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در اتو ۳۵ درجه سانتی‌گراد لوله‌های حاوی لاکتوز به راث دارای گاز در لوله دوره‌ام مثبت، تلقی می‌شود و اگر از محیط کشت نوترین آگار فروتی تهیه شود و آن را با رنگ گرم رنگ‌آمیزی نمود، وجود باسیل‌های گرم منفی بدون اسپور دلیل بر وجود کلی‌فرم‌ها است در این صورت آزمایش تکمیلی مثبت است.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و رقم بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کینوا در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر رقم بر خصوصیات وزن دانه، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، ارتفاع ریشه، تعداد شاخه،

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آبیاری و رقم بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کینوا میانگین مربع‌ها

منابع تغییر	df	وزن دانه	وزن ریشه	وزن شاخه	وزن کل آذین	وزن برگ	وزن کل ماده خشک	وزن برگ	شاخص برداشت	ارتفاع گیاه	ارتفاع ریشه	تعداد شاخه	تعداد برگ	تعداد کلروفیل	IWUE
تکرار	۲	ns./۰.۰۰۴	ns./۰.۸۸	ns./۰.۱۵	ns./۰.۰۳	ns./۰.۲۶	ns./۰.۲۸	ns./۰.۰۳	ns/۰.۲	ns/۰.۲۸	ns/۰.۱۳	ns/۰.۱۵	ns/۰.۸۱	ns/۰.۰۷	ns./۰.۰۰۰
رقم	۳	**./۰.۰۱۴	ns./۰.۱۹	ns./۰.۹۹	ns./۰.۱۷	ns./۰.۵۹	ns/۰.۲	**./۰.۲۶	**./۰.۳۶	**./۰.۳۹	**./۰.۳۹	**./۰.۸۶	**./۰.۵۹۹	ns/۰.۲۴۳	**./۰.۰۰۱
آبیاری	۲	**./۰.۰۲۵	ns./۰.۴۴	**./۰.۱۲	**./۰.۲۲	ns./۰.۰۷	**./۰.۲۸	**./۰.۴۸	**./۰.۴۸	ns/۰.۶۳	ns/۰.۶۳	ns/۰.۱۶	**./۰.۲۵۹۹۲	ns/۰.۵۵۳/۲	**./۰.۰۳۴
رقم × آبیاری	۶	**./۰.۰۰۴	**./۰.۵۵	**./۰.۲۱	ns./۰.۳۹	ns./۰.۱۸	**./۰.۴۲	**./۰.۱۲	**./۰.۱۲	**./۰.۱۷	**./۰.۱۷	ns/۰.۱۰	ns/۰.۸۹۵	**./۰.۵۵۶/۸	**./۰.۰۰۱
خطا	۲۲	./۰.۰۰۰۸	./۰.۲۰	./۰.۵۳	./۰.۴۹	./۰.۵۰	۱/۰	./۰.۰۲	./۰.۰۲	۵/۶	۵/۶	۸/۰	۸۶۴	۱۲۲/۳	./۰.۰۰۱
CV		۱۷/۴	۸/۰	۳۳/۹	۱۱/۲	۱۱/۷	۵/۰	۱۷/۵	۱۶/۴	۳۳/۶	۳۳/۶	۲۶/۵	۲۵/۳	۲۲/۳	۲۷/۹

مقادیری که با \* نام‌گذاری شده است، در سطح احتمالاتی ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شده است. مقادیری که با \*\* نام‌گذاری شده است، در سطح احتمالاتی ۱ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شده است.

جدول ۲- مقایسه‌ی میانگین اثر ساده‌ی رقم بر خصوصیات اندازه‌گیری شده

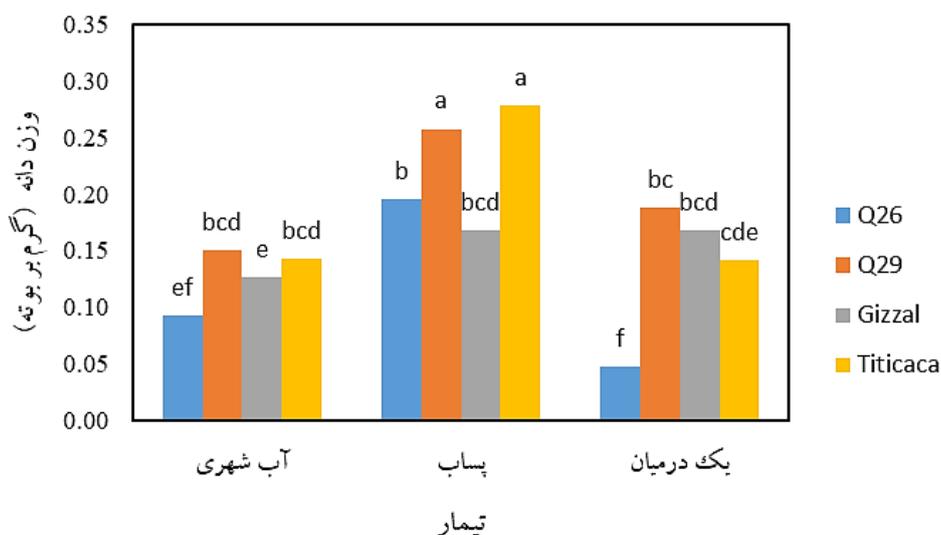
	وزن دانه	وزن ریشه	وزن شاخه	وزن گل‌آذین	وزن برگ	وزن کل ماده خشک	شاخص برداشت	ارتفاع گیاه	ارتفاع ریشه	تعداد شاخه	تعداد برگ	کلروفیل	IWUE
Q26	C./۱۱	A <sub>5</sub> /۵۲	A <sub>7</sub> /۲۵	A <sub>6</sub> /۳۴	A <sub>6</sub> /۱۰۶	AB <sub>2</sub> -۱۲۹	C./۵۴	B <sub>3۲</sub> /۳	A <sub>11</sub> /۳	B <sub>8</sub> /۷	C <sub>8</sub> /۱۸	A <sub>5</sub> /۹	B./۰۴۹
Q29	A./۲۰	A <sub>5</sub> /۵۴	A <sub>7</sub> /۴۲	A <sub>6</sub> /۲۷	A <sub>5</sub> /۹۴	AB <sub>2</sub> -۱۳۷	A./۹۷	A <sub>5</sub> /۳	A <sub>11</sub> /۸	B <sub>8</sub> /۴	AB <sub>1</sub> /۲۱/۸	A <sub>5</sub> /۹	A./۰۶۱
Gizal	B./۱۵	A <sub>5</sub> /۸۰	A <sub>7</sub> /۱۴	A <sub>6</sub> /۰۴	A <sub>6</sub> /۴۲	A <sub>2</sub> /۵۵	B./۱۲۵	A <sub>4</sub> /۵/۱	A <sub>9</sub> /۷	A <sub>15</sub> /۱	A <sub>1</sub> /۳۸/۸	A <sub>6</sub> /۷	B./۰۴۳
Titicaca	A./۱۹	A <sub>5</sub> /۴۸	A <sub>1</sub> /۶۴	A <sub>6</sub> /۳۰	A <sub>5</sub> /۸۲	B <sub>1</sub> /۹۴۴	A./۹۶	A <sub>4</sub> /۴/۰	B <sub>7</sub> /۱	B <sub>1</sub> /۰۴	BC <sub>1</sub> /۰۶/۶	A <sub>5</sub> /۸	A./۰۶۱

مقادیر ستونی که با حروف مشابه نام‌گذاری شده است، در سطح احتمالاتی ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نشده است.

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین اثر ساده‌ی تیمار آب آبیاری بر خصوصیات اندازه‌گیری شده

	وزن دانه	وزن ریشه	وزن شاخه	وزن گل‌آذین	وزن برگ	وزن کل ماده خشک	وزن کل ماده خشک	شاخص برداشت	شاخص برداشت	ارتفاع ریشه	ارتفاع شاخه	تعداد برگ	تعداد برگ	کلروفیل	IWUE
شهری	B <sub>۰/۱۳</sub>	A <sub>۵/۴</sub>	B <sub>۱/۴۷</sub>	B <sub>۵/۹۴</sub>	A <sub>۶/۱۳</sub>	B <sub>۱۹/۰۴</sub>	B <sub>۰/۶۸</sub>	B <sub>۳۵/۱</sub>	A <sub>۱/۲</sub>	A <sub>۹/۸</sub>	B <sub>۱۱۹/۴</sub>	C <sub>۵۳/۲</sub>	C <sub>۰/۰۱۵</sub>		
پساب	A <sub>۰/۳۳</sub>	A <sub>۵/۷</sub>	A <sub>۳/۲۸</sub>	A <sub>۶/۲۲</sub>	A <sub>۵/۹۸</sub>	A <sub>۳۱/۹۳</sub>	A <sub>۱/۰۳</sub>	A <sub>۵۵/۳</sub>	B <sub>۸/۹</sub>	A <sub>۱/۱</sub>	A <sub>۱۶۱/۸</sub>	A <sub>۶۶/۷</sub>	A <sub>۰/۱۱۲</sub>		
یک‌درمیان	B <sub>۰/۱۴</sub>	A <sub>۵/۷</sub>	B <sub>۱/۵۹</sub>	B <sub>۶/۰۵</sub>	A <sub>۶/۰۷</sub>	B <sub>۱۹/۵۱</sub>	B <sub>۰/۶۹</sub>	B <sub>۳۸/۵</sub>	AB <sub>۹/۹</sub>	A <sub>۱/۲</sub>	C <sub>۶۸/۴</sub>	AB <sub>۵۸/۹</sub>	B <sub>۰/۰۲۶</sub>		

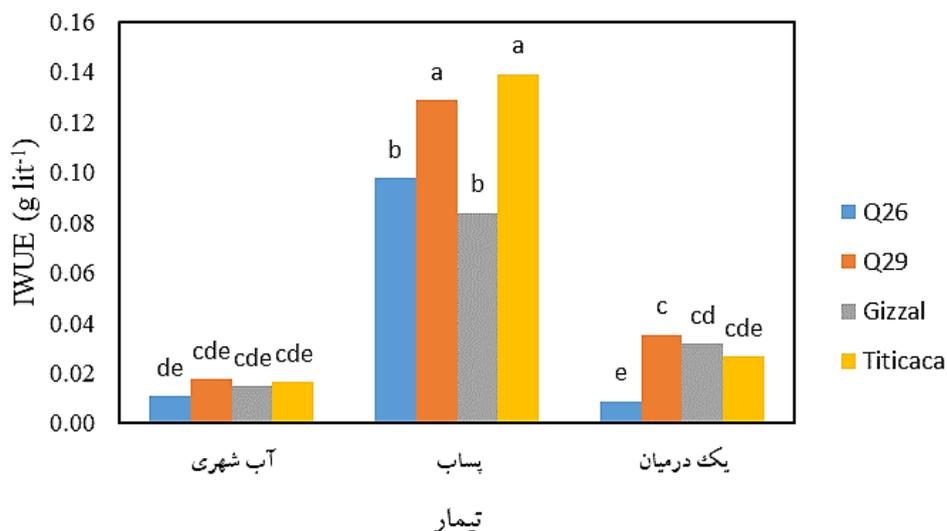
مقادیر ستونی که با حروف مشابه نام‌گذاری شده است، در سطح احتمالاتی ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نشده است.



شکل ۱- اثر متقابل رقم و آب آبیاری بر وزن دانه (گرم بر بوته)

شده دور از انتظار نیست. کاهش کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) در تیمارهای یک در میان در رقم های Q26 و Titicaca از یک طرف ناشی از وجود عناصر غذایی کمتر در آب شهری نسبت به پساب فاضلاب و از طرف دیگر در روش آبیاری یک در میان پس از هر بار آبیاری با پساب، آبیاری با آب شهری باعث ایشویی عناصر غذایی اضافه شده توسط پساب به خاک می شود، که این امر منجر به از دسترس خارج شدن مواد غذایی مفید مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه و کاهش عملکرد و بهره‌وری مصرفی آب گردید (جمالی و همکاران، ۱۴۰۱).

اثر متقابل رقم و آب آبیاری بر کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) در شکل ۲ آورده شده است. بیشترین مقدار کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) با مقادیر ۰/۱۳۹ و ۰/۱۲۹ گرم بر لیتر، بترتیب مربوط به رقم‌های Titicaca و Q29 می‌باشد که در حالت آبیاری با پساب اتفاق افتاده است. همچنین آبیاری با آب شهری در تمام رقم ها، و آبیاری یک در میان در رقم های Q26 و Titicaca باعث بروز کمترین مقدار کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) شده است. با توجه به اینکه میزان عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در آب شهری نسبت به پساب کمتر است از این رو به ازای مصرف یک لیتر پساب افزایش عملکرد در تیمارهای آبیاری شده با پساب فاضلاب تصفیه-



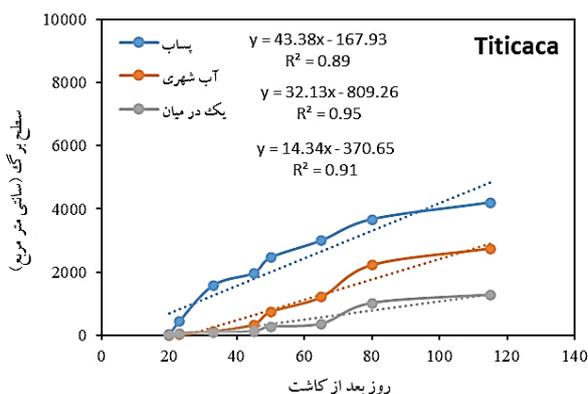
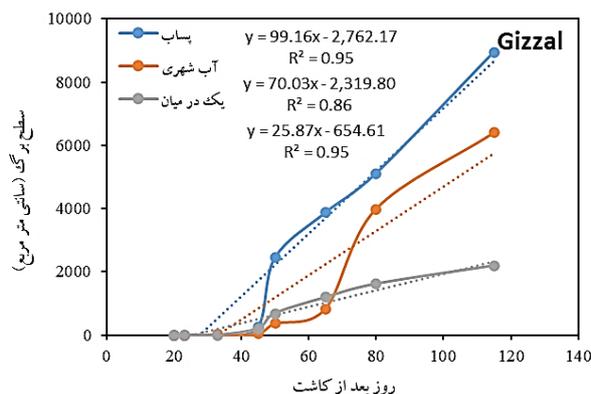
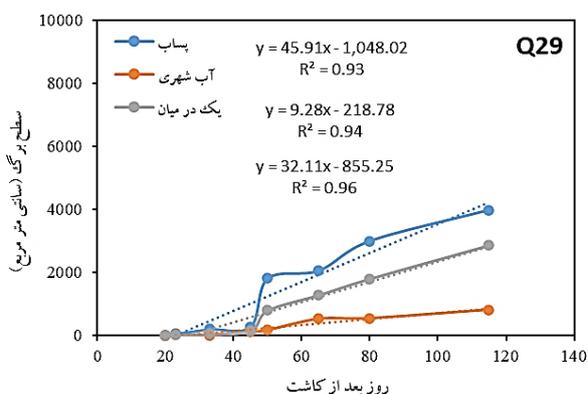
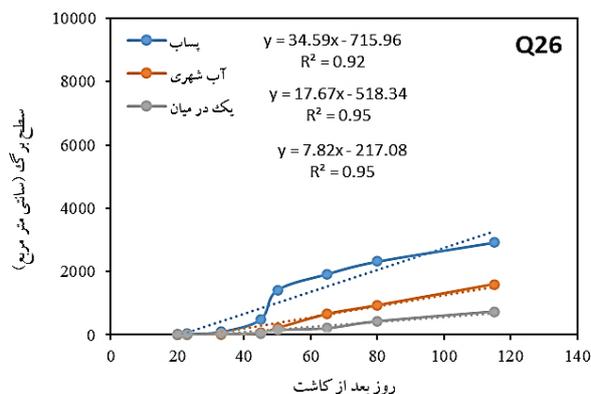
شکل ۲- اثر متقابل رقم و آب آبیاری بر کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE)

شده نشان دهنده‌ی سرعت افزایش مجموع سطح برگ بوته در هر تیمار است).

در مورد ارتفاع بوته نیز مشاهده شد که استفاده از پساب باعث افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در ارتفاع بوته شده است (شکل ۴)، بطوریکه این افزایش در رقم Giza-1 بیشتر از بقیه بوده است. همچنین در برخی ارقام تفاوت بین تیمار آب شهری و تیمار یک در میان، بیشتر و در برخی ارقام، کمتر بود. چنانچه مشاهده می‌شود در رقم Titicaca، استفاده از پساب تأثیر چندانی بر سرعت رشد ارتفاعی بوته (شیب خط) نداشته است، اما در سه رقم دیگر باعث افزایش سرعت رشد ارتفاعی شده است. این افزایش سرعت رشد ارتفاعی، در ابتدای فصل رشد بیشتر بوده و در انتهای فصل رشد کاهش می‌یابد.

برخی از اندازه‌گیری‌ها محدود به انتهای فصل رشد نبوده و در طول فصل رشد نیز اندازه‌گیری‌ها انجام شد. در شکل ۳ تغییرات مجموع سطح برگ در تیمارهای مورد آزمایش، نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود در ابتدای فصل رشد که جهت استقرار مناسب بوته‌ها آبیاری تمام آنها با آب شهری انجام شده است، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در مجموع سطح برگ بوته‌ها مشاهده نمی‌شود، اما با اعمال تیمارهای آبیاری و پساب، این تفاوت به وجود آمده طوریکه بوته‌هایی که با پساب آبیاری شده‌اند دارای مجموع سطح برگ بیشتری هستند.

شکل ۳ نشان می‌دهد که سرعت افزایش مجموع سطح برگ بوته‌هایی که با پساب آبیاری شده از تیمارهای دیگر بیشتر است و این مسئله در بین تمام ارقام اتفاق افتاده است (شیب خطوط برآزش داده



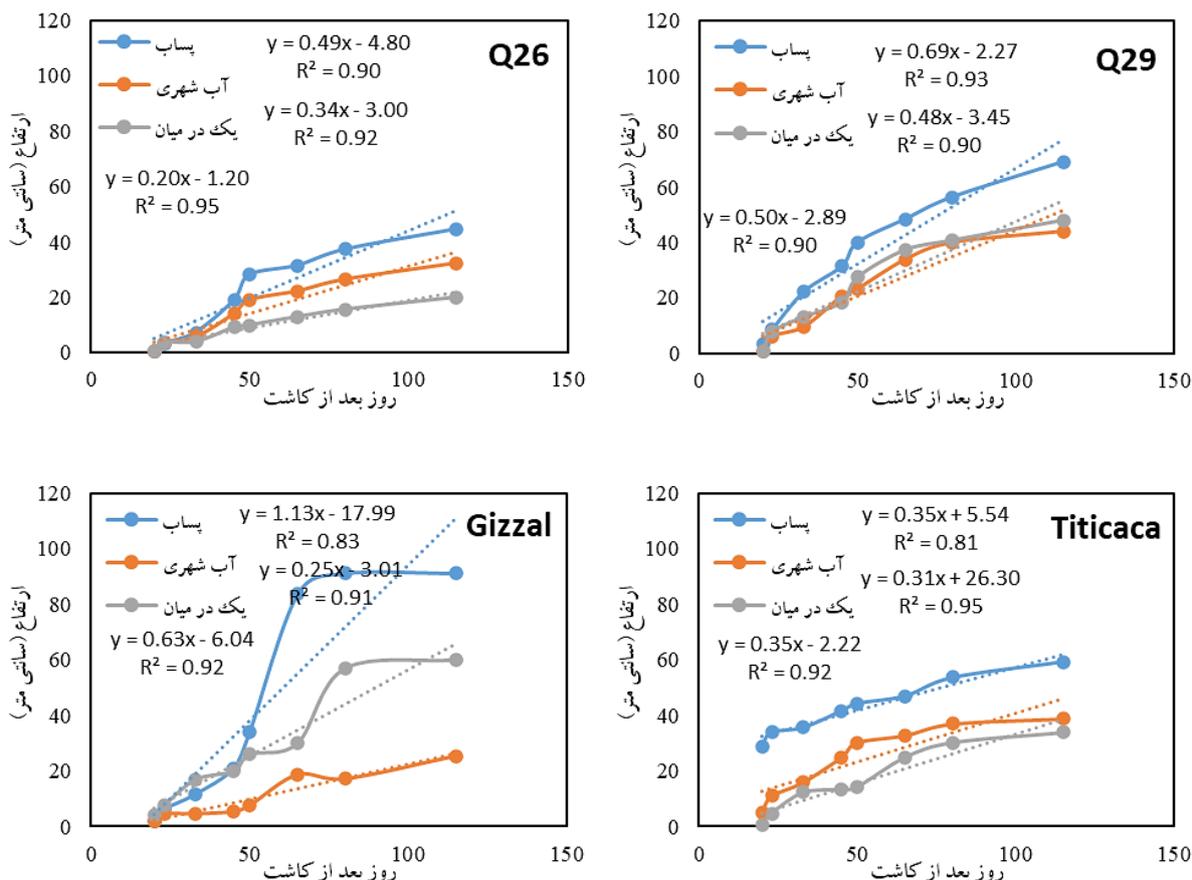
شکل ۳- تأثیر اعمال تیمارهای مختلف آب آبیاری بر مجموع سطح برگ ارقام مورد آزمایش در طول فصل رشد

نمو گیاه نظیر رشد ساقه‌های فرعی، ایجاد میان‌گره‌ها و نقاط مستعد بیشتر برای به‌وجود آمدن جوانه‌های فرعی می‌شود. با فراهم شدن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه توسط پساب رشد جوانه‌ها و ساقه‌های فرعی ادامه یافته و به تبع آن تعداد و سطح برگ‌ها و سطح فتوسنتزی

افزایش ناگهانی ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری با پساب و یک‌درمیان به‌خصوص در رقم Giza-1 را می‌توان به وجود عناصر غذایی بیشتر در پساب نسبت به آب شهری نسبت داد. وجود مواد غذایی در دسترس گیاه در پساب منجر به افزایش قابل‌توجه در رشد و

فصل رشد باشد. هر چند استفاده از پساب باعث افزایش مقدار SPAD در رقم‌های Titicaca و Giza-1 شده، اما در رقم Q29 باعث کاهش شده است. نکته جالب توجه آن است که در رقم Giza-1 استفاده‌ی یک در میان از پساب نه تنها اثر مثبتی بر شاخص SPAD نداشته است، بلکه باعث کاهش قابل توجه آن شده است.

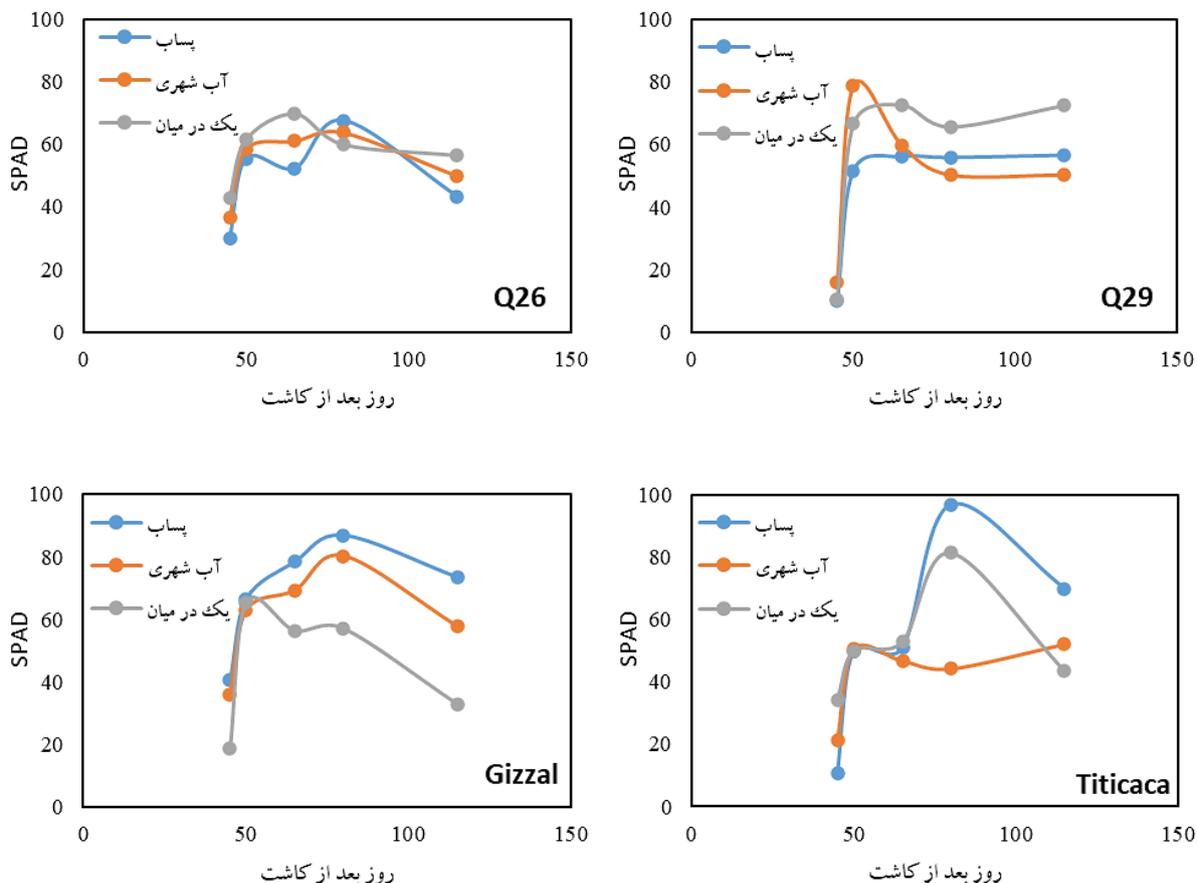
نیز افزایش چشمگیری می‌یابد (جمالی و انصاری، ۱۳۹۹). شاخص کلروفیل (SPAD) نیز در طول فصل رشد و پس از اعمال تیمارهای آبیاری، اندازه‌گیری شد که در شکل ۵ نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود در اکثر تیمارها مقدار SPAD در ابتدا روند افزایشی داشته و هرچه به انتهای دوره‌ی رشد نزدیک می‌شویم، این مقدار کاهش می‌یابد که این مسئله می‌تواند به دلیل پیری گیاه در انتهای



شکل ۴- تاثیر اعمال تیمارهای مختلف آب آبیاری بر ارتفاع بوته‌ی ارقام مورد آزمایش در طول فصل رشد

آبیاری شده بودند، نشانی از میکروب کلی فرم مدفوعی دیده نشد. ولی در ساختار گیاه باکتری باسیل گرم مثبت بود که این باکتری ساپروفیت است و در تمام مکان‌ها وجود دارد. در آبیاری یک‌درمیان، کلی فرم مدفوعی در آب (یک‌درمیان) دیده شد؛ اما در ساختار گیاه کینوا رقم‌های که با آبیاری یک‌درمیان آبیاری شدند، میکروب کلی فرم مدفوعی دیده نشد. ولی باکتری کوکوباسیل گرم منفی، در آبیاری یک‌درمیان دیده شده و محیط کشت به رنگ کلنی صورتی دیده شده است که این باکتری ساپروفیت است و تمام مکان‌ها وجود دارد.

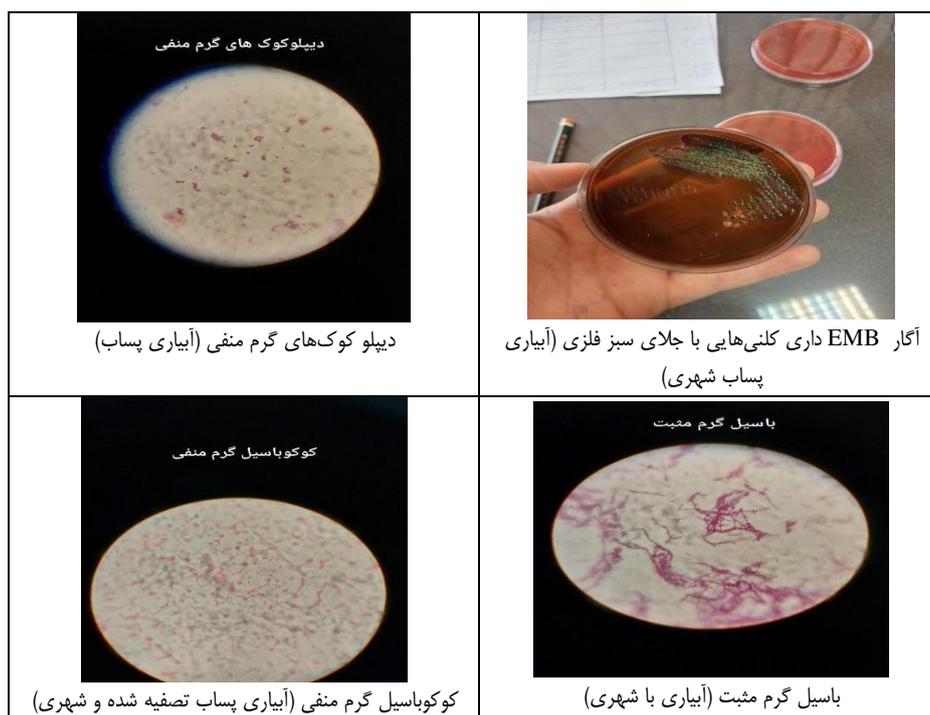
آزمایش مربوط به کلی فرم مدفوعی در آزمایشگاه میکروب‌شناسی علوم پزشکی در شرایط یکسان انجام شد (شکل ۵) و نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است. آب شهری، پساب تصفیه شده شهری و آب یک‌درمیان (شهری و پساب) مورد آزمایش قرار گرفت. در آب شهری میکروب کلی فرم مدفوعی دیده نشد، اما باکتری باسیلوس گرم مثبت در ساختار گیاه کینوا رقم‌های که با آب شهری آبیاری شده بودند، مشاهده شد. این میکروب در همه مکان‌ها وجود دارد و خطری برای انسان ندارد. در پساب تصفیه شده، وجود EOC و کلی فرم مدفوعی مشاهده شد. اما در ساختار گیاه کینوا، رقم‌هایی که با پساب



شکل ۵- تأثیر اعمال تیمارهای مختلف آب آبیاری بر شاخص کلروفیل (SPAD) ارقام مورد آزمایش در طول فصل رشد

جدول ۴- ارزیابی اندازه‌گیری میکروپ باسیلوس گرم مثبت و منفی برای تعیین وجود میکروپ کلی فرم مدفوعی و E.CO li و kleb در گیاه کینوا

رقم	تیمار	نوع کلنی	رنگ‌آمیزی گرم	باکتری احتمالی
Giza-1	آبیاری شهری	همولیز B- کلنی خشک	باسیل گرم مثبت	باسیلوس
	پساب	موکوئیدی - بی‌رنگ	باسیل گرم منفی	KLEb
	یک‌درمیان	کلنی موکوئیدی خشک صورتی+بزرگ پهن b همولیز	باسیل گرم مثبت	باسیلوس
Titicaca	آبیاری شهری	کلنی‌ها ریز صورتی خشک B همولیز	باسیل گرم مثبت	باسیلوس
	پساب	کلنی خشک سفید - همولیز	باسیل گرم مثبت	باسیلوس X+
	یک‌درمیان	ریز خاکستری	باسیل گرم مثبت	باسیلوس X+
Q29	آبیاری شهری	کلنی سفیدرنگ خشک B همولیز	دب پلو کوک گرم منفی	باسیلوس
	پساب	کلنی صورتی ریز خشک b همولیز	دپلو کوک گرم منفی	باسیلوس
	یک‌درمیان	کلنی سفید خشک و موکوئیدی بدون همولیز	دپلو کوک گرم منفی	باسیلوس
Q26	آبیاری شهری	کلنی سفید خشک و موکوئیدی بدون همولیز	دپلو کوک گرم منفی	باسیلوس
	پساب	کلنی صورتی ریز خشک b همولیز	باسیل گرم مثبت	باسیلوس
	یک‌درمیان	کلنی سفید خشک+کلی، کلنی صورت، بدون همولیز، بزرگ پهن	باسیل گرم مثبت	باسیلوس



شکل ۶- نمونه ای از نتایج آزمایش میکروبی انجام شده در پژوهش حاضر

رقم‌های Q29 و Titicaca است. آبیاری با پساب صفات رویشی به‌ویژه ارتفاع و وزن دانه کینوا را به طور معنی‌داری افزایش داد به طوری که آبیاری با پساب منجر به افزایش متوسط ۸۰ درصدی عملکرد در تمامی ارقام نسبت به تیمار آب شهری گردید. بیشترین مقدار کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) در تیمارهای آبیاری با پساب با مقادیر ۰/۱۳۹ و ۰/۱۲۹ گرم بر لیتر، به ترتیب در رقم‌های Titicaca و Q29 حاصل شد. آبیاری یک‌درمیان (آبیاری شهری و پساب) تأثیر مثبتی بر روی صفات رویشی نداشت، هرچند که باعث افزایش مقدار کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) شد. با وجودی که در نمونه‌های آب پساب فاضلاب تصفیه‌شده کلی‌فرم‌های مدفوعی مشاهده شد؛ اما در نمونه‌های گیاهان اثری از آن‌ها دیده نشد. تنها باکتری باسیلوس در نمونه‌های گیاه کینوا مشاهده شد که این باکتری به صورت ساپروفیت در بیشتر محیط‌ها یافت می‌شود و احتمالاً در نتیجه پروسه خشک کردن گیاه باعث آلودگی آن شده است. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که میکرووب کلی‌فرم مدفوعی در ساختار گیاه یافت نشد.

### پیشنهادها

باتوجه به اینکه پژوهش حاضر در محیط گلخانه انجام شده است، پیشنهاد می‌شود این پروژه به صورت یک طرح در مقیاس بزرگ‌تر و

دلیل اینکه ابتدا از محیط کشت، برای تعیین کلی‌فرم‌ها استفاده نگردید از محیط لاکتوز به راث استفاده شد این است که اگر کلی‌فرمی از شرایط لگاریتمی دور باشد، در محیط انتخابی BGBB قادر به رشد نیست و باید ابتدا در محیط لاکتوز به راث کشت یابد تا به شرایط بهینه برسد. ولی انکوباسیون محیط BGB در دمای ۴۴ سانتی‌گراد، از بین کلی‌فرم‌ها، فقط باکتری ای اشیریشیا کلای قادر به تجزیه گاز است این آزمون تست ایمکن ۸۵ مشود مناطقی برای گندزدایی آب از کلر استفاده می‌شود این مورد برای نمونه‌برداری از شیشه‌های که معمولاً حاوی تیوسولفات سدیم است استفاده می‌شود که برای خنثی‌سازی کلر آزاد باقیمانده استفاده می‌شود.

### نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل آماری یافته‌های حاصل شده از اعمال تیمارهای مختلف آبیاری شامل آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده، آبیاری با پساب و آب شهری به صورت یک‌درمیان و آبیاری با آب شهری بر روی ارقام مختلف گیاه کینوا نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آبیاری و رقم‌های کینوا بر خصوصیات وزن دانه، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد برگ و کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) در سطح احتمال ۵ یا ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها بین ارقام مختلف حاکی از آن بود که بیشترین میزان عملکرد دانه کینوا، شاخص برداشت و کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) مربوط به

شاگری، ف. رستگار، س. و حسن‌زاده خانکهدانی، ح. ۱۴۰۱. ارزیابی جوانه‌زنی و شاخص‌های ریخت‌شناسی سه رقم کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) تحت تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۵(۳): ۷۶۳-۷۵۱.

طاووسی، م. و لطفعلی صحرایی، غ.ع. ۱۳۹۶. کشت کینوا و نتایج تحقیقات مربوط به آن. کرج: نشر آموزش (مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی).

مرادی نژاد، ا. ۱۳۹۸. بررسی الگوی کشت و بهترین روش آبیاری با روش AHP برای استفاده از پساب شهری اراک. محیط زیست و مهندسی آب. ۵(۲): ۱۵۹-۱۴۸.

یعقوب زاده، ز. و صفری، ر. ۱۳۹۲. بررسی میزان آلودگی میکروبی آبهای سطحی رودخانه هزار. پژوهش‌های سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۲۸(۱): ۱۴۴-۱۳۶.

El Youssfi, L., Choukr-Allah, R., Zaafrani, M., Mediouni, T., Samba, M. B. and Hirich, A. 2012. Effect of Domestic Treated Wastewater use on Three Varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) under Semi Arid Conditions. World Academy of Science, Engineering and Technology. 68: 306-309.

Evans, G. L. and National Committee for Clinical Laboratory Standards, issuing body. (1996). *Quality assurance for commercially prepared microbiological culture media : approved standard*. NCCLS.

Hirich, A., CHOUKR ALLAH, R., JACOBSEN, S. E., El Youssfi, L. and EL OMARI, H. 2013. Using deficit irrigation with treated wastewater in the production of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Morocco. Revista Científica UDO Agrícola. 12(3): 570-583.

Velasco-Cruz, A. L., Velasco-Velasco, V. A., Ruíz-Luna, J., Enríquez-del Valle, J. R., Martínez-Gutiérrez, A. and Guzmán-Sebastián, K. D. C. 2023. Effect of treated wastewater use on soil and forage crops of *Chenopodium quinoa* Willd and *Zea mays* L. Revista mexicana de ciencias pecuarias. 14(4): 874-888.

در سطح مزرعه نیز بررسی گردد تا تأثیر برخی عوامل محیطی مانند تنش‌های دمایی، باد سنجیده شود.

## تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم پزشکی دانشگاه هرمزگان در زمینه همکاری جهت انجام آزمایش‌های میکروبی تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

## منابع

جمالی، ص. زین‌الدین، س. م. و کلاهی، م. ۱۴۰۱. بررسی اثر استفاده از پساب تصفیه شده شهری بر خاک، بهره‌وری مصرف آب و عملکرد گیاه کینوا. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۲(۳): ۳۶۸-۳۵۵.

جمالی، ص. زین‌الدین، س. م. و کلاهی، م. ۱۳۹۹-الف. اثر تیمارهای تلفیقی پساب تصفیه شده شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۷(۱): ۱۹۵-۱۸۱.

جمالی، ص. شریفان، ح. ۱۳۹۹-ب. بررسی اثر زایتونیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا تحت آب‌های نامتعارف. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۷(۳): ۲۴۴-۲۲۹.

جمالی، ص. شریفان، ح. هزارجریبی، ا. و سپه‌وند، ن.ع. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد دو رقم گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.). حفاظت منابع آب و خاک. ۱۶(۱): ۸۷-۹۸.

جمالی، ص. و انصاری، ح. ۱۳۹۹. بررسی اثر آب‌های نامتعارف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی کینوا. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۱): ۳۳۱-۳۴۳.

حسن اقلی، ع. و لیاقت، ع. ۱۳۸۸. تأثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان بر انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک به آبخوان کم عمق. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۱): ۱۴۳-۱۵۱.

خمیس آبادی، ا. پروانک، ک. و نصرآبادی، م. ۱۳۹۸. تأثیر استفاده از پساب فاضلاب بر آلودگی میکروبی خاک‌های فضای سبز شهری. مجله مهندسی بهداشت محیط. ۷(۱): ۴۲-۵۲.

## Studying the Effect of Urban Wastewater on the Growth, Yield and Water Efficiency of Four Quinoa Cultivars

M. Mehdipoor<sup>1</sup>, A. Sadeghi-Lari<sup>2\*</sup>, H. R. Kamali<sup>3</sup>

Received: Aug.04, 2025

Accepted: Sep.07, 2025

### Abstract

Given the diminishing availability of water resources, the adaptation of unconventional water sources may serve as a sustainable means of water supply within the agricultural sector, thereby enhancing water use efficiency in this domain. To explore this potential, the current study examined the impact of urban wastewater on the yield of four distinct quinoa cultivars. A factorial experiment was executed utilizing a completely randomized design within pots located in the greenhouse of Hormozgan University in 1401. The first factor comprised four quinoa cultivars: Titicaca, Q26, Q29, and Giza-1, while the second factor involved three irrigation treatments: irrigation with urban water (Ir), irrigation with wastewater (Iw), and alternating irrigation with urban water and wastewater (Irw). For assessment purposes, various parameters were measured, including grain weight, leaf count, fresh shoot weight, plant height, chlorophyll index (SPAD), leaf area, number of secondary branches, and irrigation water use efficiency (IWUE). Statistical analysis of the results was conducted using SAS software at a significance level of 5%. The findings indicated that the application of wastewater resulted in an enhancement of several measured traits, notably yield and IWUE. To verify the safety of the harvested product, the seed output was analyzed in collaboration with the University of Medical Sciences at Hormozgan University, revealing that the produced seeds were free from contamination.

**Keywords:** microbial contamination, sewage, unconventional water, Water efficiency

1- M.Sc. Alumnus, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

3- Assistance Professor, Department of Water Science and Engineering, College Minab Higher Education College, University of Hormozgan, Minab, Iran

(\* Corresponding Author Email: [adnan.sadeghilari@hormozgan.ac.ir](mailto:adnan.sadeghilari@hormozgan.ac.ir))