

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره پنج، مردادماه ۱۴۰۱ (۱۲-۱)

افزایش کارایی مصرف آب پنبه با استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری تحت شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری

علی نشاط*

a.neshat897@gmail.com

فرزین فروزش^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۹

چکیده

زمینه و هدف: کمبود بیش از پیش منابع آبی در سالهای اخیر ضرورت استفاده از منابع آبی نامتعارف را آشکار ساخته است. پساب فاضلاب، یکی از این منابع آبی است که در نقاط مختلف جهان به صورت اقتصادی و موثر از آن برای مقاصد کشاورزی استفاده شده است. در این مطالعه استفاده از پساب فاضلاب تحت اعمال درصدهای مختلف کم آبیاری با تمرکز بر معیارهای حداقل سازی مصرف آب از یک طرف و تحصیل عملکرد قابل قبول محصول پنبه از طرف دیگر مورد مطالعه قرار گرفته است.

روش بررسی: در این راستا آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان کرمان در سال زراعی ۱۳۹۲ پیاده گردید. تیمارهای آزمایش به صورت سه درصد نیاز آبی ($I_1=100$ ، $I_2=85$ و $I_3=70$) به عنوان عامل اصلی و دو کیفیت آب (آب چاه= Q_1 و فاضلاب تصفیه شده شهری= Q_2) به عنوان عامل فرعی لحاظ شدند.

یافته ها: بر اساس نتایج حاصله اعمال ۱۵ درصدی کم آبیاری با استفاده از فاضلاب تصفیه شده منجر به کاهش قابل ملاحظه ای در اجزای عملکرد پنبه نگردید در حالی که افزایش ۱۴/۸ درصدی کارایی مصرف آب (۲۴۰۵ متر مکعب آب در هکتار) را در پی داشت. از آن جا که سطوح دیگر کم آبیاری منجر به کاهش قابل ملاحظه ای در اجزای عملکرد محصول شدند، علیرغم افزایش بالای درصد راندمان آبیاری، توصیه به اعمال آنها نمی شود.

بحث و نتیجه گیری: لذا با توجه به نتایج بدست آمده جهت مقابله با بحران کمبود آب در کشور و افزایش راندمان آبیاری استفاده از فاضلاب تصفیه شده و جهت صرفه جویی در مصرف آب، اعمال ۱۵ درصد کم آبیاری نسبت به تأمین نیاز کامل آبی گیاه در کشت پنبه در استان کرمان توصیه می شود.

واژه های کلیدی: فاضلاب تصفیه شده، عملکرد، کارایی مصرف آب، پنبه، کم آبیاری.

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی و دانشگاه آزاد واحد کرمان، کرمان، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲- کارشناس ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی. دانشگاه آزاد واحد کرمان، کرمان، ایران.

Increasing the efficiency of consuming cotton water using refined domestic sewage water under the conditions of applying different irrigation levels

Ali Neshat^{1*}

a.neshat897@gmail.com

Farzin Forouzesh²

Admission Date: June 20, 2023

Date Received: May 9, 2023

Abstract

Background and Objective: The water resources restriction introduces the water use efficiency in the agricultural section. In this study, an experiment based on the randomized complete block design with three replications was conducted in order to evaluate the effect of refined sewage on the performance and performance elements of cotton in the city of Kerman.

Material and Methodology: The experiment treatments were considered as three percent water requirement of plant as main factors: $I_1 = 100$, $I_2 = 85$, and $I_3 = 70$ and two water quality as secondary factors: $Q_1 =$ well water and $Q_2 =$ domestic refined sewage.

Findings: The results showed that the 15 percent deficit-irrigation in comparison with the full water requirement when the domestic refined sewage is used in providing the full water requirement of the plant caused 14.8 percent increase in the water use efficiency and economizing 2405m³ water in conditions and the crop performance and morphologic characteristics remain constant relatively.

Discussion and Conclusion: Accordingly, the refined sewage can face the water deficit problem of the country and increase the efficiency of irrigation. Also, the 15 percent deficit irrigation in comparison with the full providing of water requirement is recommended in the cotton planting in the Kerman province in order to economize the water use.

Keywords: Deficit Irrigation, the Refined Sewage, Performance, Water Use Efficiency, Cotton.

1- Associate Professor, Faculty of Eng., Department of Water Eng., Kerman Branch, Islamic Azad University.
*(Corresponding Author)

2- M.Sc. irrigation & drainage, Islamic Azad University, Kerman Branch, Kerman, Iran.

مقدمه

با توجه به پراکنش نامتعادل منابع آب، میزان تقاضای آب در مناطقی که بیش از چهل درصد جمعیت زمین را دارا می‌باشند، از میزان منابع آب موجود پیشی گرفته است. همچنین داده‌ها و اطلاعات گزارش شده در سال‌های اخیر، از شرایط بحران آب در بسیاری از کشورهای این مناطق حکایت می‌کند (۱). بنابراین، بایستی سیاست‌ها و راه‌کارهای استفاده کارا از منابع آب، همراه با پیش‌بینی فناوری‌های مورد نیاز، برای مقابله با این عامل مهم و محدود کننده، مدنظر قرار گیرد. این عوامل موجب گردیده‌اند که برنامه‌ریزان در اندیشه فراهم آوردن منابع جدید آب باشند، منابعی که هم اقتصادی باشند و هم در توسعه کشاورزی و تأمین مواد غذایی موثر واقع گردند. در این میان پساب حاصل از تصفیه فاضلاب، بخش قابل توجهی از این منابع را شامل می‌شود، چرا که رشد جمعیت شهری از یک سو و بالا رفتن سطح بهداشت شهری از سوی دیگر، میزان مصرف آب را افزایش داده و مصرف زیاد آب، صعود میزان فاضلاب را به همراه داشته است (۲).

در ایران نیز توسعه شهرها و افزایش مصرف آب، باعث تولید روزافزون فاضلاب گردیده است. افزایش فاضلاب موجب بروز اشکالات و نارسایی‌هایی در جوامع شهری و حتی روستایی کشور شده که این نارسایی‌ها عموماً در برگزیده مسائل بهداشتی و آلودگی محیط، به هم خوردن رابطه طبیعی بیابان آب و بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی و آلودگی منابع مختلف می‌باشند. از این رو با توجه به اولویت استفاده مجدد از فاضلاب، در آبیاری اراضی کشاورزی (۳) و همچنین توجه به بخشی از استراتژی ملی، جهت حفظ سلامتی محیط زیست و اقتصادی-ترین استفاده از منابع آب موجود بایستی با ایجاد تأسیسات لازم برای جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، روند آلوده‌سازی محیط زیست را به سمت بهبودی، سوق داد (۴).

از آن جایی که پساب فاضلاب جزء آب‌های با کیفیت پایین محسوب می‌شود، کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را برای

انسان، خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به حداقل برساند. در صورتی که بتوان کاربرد پساب را با روش‌های مناسب آبیاری در هم آمیخت، هم‌زمان می‌توان در جهت مرتفع ساختن مشکلات بهداشتی، آلودگی و بحران آب گام مهمی برداشت. استفاده صحیح از فاضلاب تصفیه شده علاوه بر گسترش پوشش گیاهی، از یک طرف از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌نماید و از طرف دیگر با دارا بودن عناصر مغذی، علاوه بر کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. لذا این ضرورت باعث شده است که استفاده از فاضلاب تصفیه شده در مقیاس وسیع در کشورهای صنعتی و در حال توسعه در حال گسترش باشد (۵).

در همین راستا در آزمایش انجام شده روی ذرت گزارش شد که تیمار آبیاری با فاضلاب در تمام مراحل رشد منجر به حصول بیشترین عملکرد می‌شود (۶). نتایج آزمایش دیگری نشان داد که آبیاری با پساب در مقایسه با آب چاه، عملکرد ذرت را ۳ برابر افزایش داد و علاوه بر این سبب افزایش ارتفاع، افزایش رنگ سبز برگ و تسریع در گلدهی شد (۷). در تحقیقی به منظور بررسی اثرات استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر زابل به همراه کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت عناصر مختلف و عملکرد علوفه و دانه ذرت، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام دادند و بیان داشتند که عملکرد دانه هر چند به دلیل تأثیر مثبت پساب بر اجزای عملکرد دانه بود اما وجود مقادیر مناسب عناصر غذایی همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب نیز بر این افزایش موثر بوده است (۸). به-منظور بررسی تأثیر آبیاری با پساب بر عملکرد پنبه در سیستم آبیاری جوی پشته‌ای، تحقیقی را با هشت تیمار که شامل نسبت‌های مختلف آب چاه و پساب می‌گردید، اجرا نمودند. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان عملکرد محصول به ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل با پساب (۲۲۴۷ کیلوگرم

در سه سطح ($I_1 = 100$ ، $I_2 = 85$ و $I_3 = 70$ درصد نیاز آبی) و دو کیفیت آب (آب چاه= Q_1 و فاضلاب تصفیه شده شهری= Q_2)، به ترتیب به عنوان عامل‌های اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. این طرح آزمایشی در زمینی به ابعاد 19×19 متر و به مساحت 361 متر مربع پیاده گردید. در این طرح هر کرت شامل 3 ردیف کاشت بود که عرض آن 3 متر و طول هر کرت 5 متر طراحی گردید. همچنین فاصله بین ردیف‌های کاشت یک متر و بین بوته‌ها 40 سانتی‌متر می‌باشد. لازم به ذکر است در این آزمایش فاصله بین تیمارهای اصلی و فرعی یک متر و فاصله بین تکرارهای آزمایش 2 متر بود. نیاز آبی گیاه با استفاده از فرمول پنمن - مونیتیت اصلاح شده توسط فائو تعیین شد. پارامترهای مورد نیاز فرمول پنمن - مونیتیت از ایستگاه هواشناسی شهر کرمان اخذ شد و ضریب گیاهی با توجه به منحنی تغییرات ضریب گیاهی پنبه در طول فصل رشد، و اعمال روابط اصلاحی بر اساس دستورالعمل نشریه شماره 56 فائو تعیین شد (11).

آب مورد نیاز آبیاری در تیمارهایی که با آب چاه آبیاری می‌شد، از آب چاه موجود در محل تحقیق تأمین شد و در تیمارهای آبیاری شده با پساب، میزان پساب تصفیه شده شهری مورد نیاز، از تصفیه‌خانه شهر کرمان برحسب نیاز هر تیمار مورد استفاده قرار گرفت. لذا با توجه به اینکه میزان آب مصرفی تیمارهای فرعی اعمال شده در هر تیمار اصلی یکسان در نظر گرفته شد؛ میزان آب مصرفی در تیمارهای اصلی 100 ، 85 و 70 درصد نیاز آبی در هر دو کیفیت آب، به ترتیب معادل 16030 ، 13625 و 11220 مترمکعب در هکتار بود. لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر دور آبیاری برای همه تیمارها پنج روز یکبار منظور شد.

جدول‌های (۱) و (۲) برخی خصوصیت‌های شیمیایی آب چاه و پساب (همرا با استاندارد) و برخی خصوصیات شیمیایی خاک (قبل و بعد از آزمایش) عرصه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. پارامترهایی که در این مطالعه اندازه‌گیری شد عبارتند از: الف) عملکرد محصول که برای اندازه‌گیری آن در هر کرت از دو ردیف کشت وسط نمونه برداری شد و دو ردیف کناری به عنوان حاشیه حذف شد، ب) اجزاء عملکرد که شامل تعداد غوزه در

در هکتار) و آبیاری کامل با آب چاه (785 کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (۹).

از طرف دیگر پنبه که به حق طلای سفید نام دارد، مهمترین گیاه لیفی و یکی از گیاهان مناسب برای کشت در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. پنبه نه تنها تأمین کننده الیاف برای صنعت نساجی است بلکه بعنوان یک دانه روغنی، مقام سوم را در جهان داراست و از کنجاله باقی مانده حاصل از روغن‌کشی آن نیز برای خوراک دام استفاده می‌شود. به دلیل تنوع در فرآورده‌ها، پنبه در مقایسه با سایر گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مجموع فرآورده‌های حاصل از این گیاه را حدود سه هزار مورد ذکر کرده‌اند که مهمترین مصارف آن شامل تأمین 6 درصد پروتئین مورد نیاز دنیا و مواد خام صنایع ریسنده‌گی، بافندگی، روغن‌کشی، نظامی، بهداشتی، تغذیه انسان، کابل سازی و ... می‌باشد (10).

حال با توجه به مطالب ذکر شده، چنین به نظر می‌رسد که بتوان از پساب، به عنوان یک منبع مطمئن برای تأمین آب، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، که با کمبود شدید منابع آب روبرو هستند، استفاده کرد. در صورتی که از این پساب در آبیاری اراضی کشاورزی استفاده شود، می‌توان در صرفه‌جویی برداشت از منابع آب و مصرف کود شیمیایی و همچنین کاهش هزینه تأمین آب قدم بلندی برداشت، لذا این آزمایش با هدف بررسی اثرات فاضلاب تصفیه شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه پنبه تحت شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری در مقایسه با شرایط متعارف (آبیاری شیاری با آب چاه) در شهر کرمان، صورت می‌گیرد.

۲- مواد و روش

به منظور بررسی افزایش کارایی مصرف آب پنبه رقم ورامین با استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری تحت شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری در مقایسه با شرایط متعارف (آبیاری با آب چاه) در شهر کرمان در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات شهرستان کرمان و در سال زراعی 1392 خورشیدی، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش میزان مصرف آب

$$WUE = \frac{Y_T}{V_T} \quad (1)$$

در این رابطه، WUE : کارایی مصرف آب $\frac{kg}{m^3 \cdot ha}$ ، Y_T :

پنبه برداشت شده در واحد سطح $(\frac{Kg}{ha})$ و V_T : حجم آب

تحویلی به قطعات (m^3) می باشد.

بوته و وزن غوزه بود؛ که برای اندازه گیری از دو ردیف کشت وسط استفاده شد، ج) میزان آب مصرفی که از طریق کنترل حجمی اندازه گیری شد. داده های به دست آمده از اندازه گیری ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت؛ و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. در این تحقیق کارایی مصرف آب از رابطه (۱) محاسبه شد:

جدول ۱- تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Analysis of physical and chemical properties of soil

| عمق خاک (سانتی متر) | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) | اسیدیته اشباع | کلاس خاک | فسفر (میلی لیتر بر کیلوگرم) | پتاسیم (میلی لیتر بر کیلوگرم) | ازت (میلی لیتر بر کیلوگرم) |
|------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| ۰-۳۰ | ۰/۸۶ | ۷/۳ | لوم شنی | ۱۶/۴ | ۲۴۵ | ۰/۱۵ |

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب چاه و فاضلاب مورد استفاده

Table 2. Chemical properties of the used well water and wastewater

| پارامتر اندازه گیری شده | آب چاه | پساب مورد آزمایش | مرز استاندارد آلوده کننده در مصارف کشاورزی ^۱ |
|-------------------------|--------|------------------|---|
| Ph | ۶/۱ | ۶/۹ | ۸-۶/۵ |
| (dS/m) Ec | ۱/۵ | ۱/۱ | - |
| (meq/l) Ca | ۲۳/۴ | ۱۳۵/۲ | - |
| (meq/l) Mg | ۱۵/۱ | ۷۹/۲ | ۱۰۰ |
| (meq/l) P | - | ۱۷/۶ | - |
| (meq/l) K | - | ۲۵/۴ | - |
| (meq/l) Na | - | ۱۰/۲ | - |
| (meq/l) Cl | - | ۶/۳ | - |
| (%) N | - | ۲۹/۲ | - |
| (ppm) Zn | - | ۰/۰۰۲ | ۲ |
| (ppm) Cd | - | ۰/۰۴ | ۰/۰۵ |
| (ppm) Fe | - | ۰/۲۹ | ۳ |
| (ppm) BOD | - | ۳۴ | ۱۰۰ |
| (ppm) COD | - | ۵۱ | ۲۰۰ |

۱- استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران

نتایج و بحث

صفات معنی‌دار و اثر کیفیت آب نیز به جزء بر صفات ارتفاع بوته و وزن غوزه، بر سایر صفات معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل نیاز آبی و کیفیت آب تنها بر صفت کارایی مصرف آب معنی‌دار و این تأثیر بر سایر صفات مورد بررسی اثر غیرمعنی‌دار گذاشته است.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات تیمارهای سطوح آبیاری (L) به عنوان عامل اصلی، کیفیت آب آبیاری (Q) به عنوان عامل فرعی و اثر متقابل آن‌ها (LQ)، بر عملکرد، کارایی مصرف آب، تعداد غوزه در بوته، ارتفاع بوته و وزن غوزه در جدول ۳ نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که اثر تیمار نیاز آبی به جزء بر صفت تعداد غوزه بر بوته، بر سایر

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس طرح

Table 3. Summary of design variance analysis

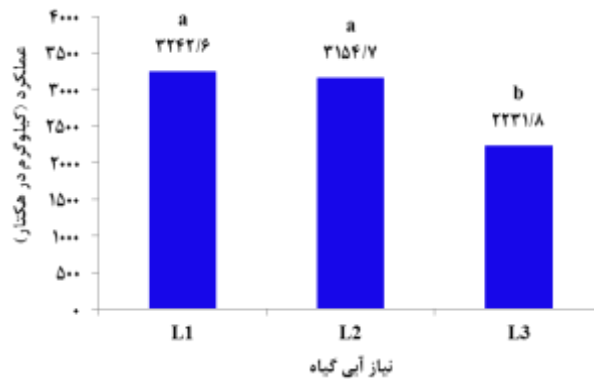
| وزن غوزه | ارتفاع بوته | تعداد غوزه در بوته | کارایی مصرف آب | عملکرد | درجه آزادی | منبع تغییرات |
|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----------------------|------------|---------------|
| ۶/۵۱ | ۱۰۷/۲ | ۱۱/۴۱ | ۰/۰۲۰۸ | ۲۴۵۹/۸ | ۲ | تکرار |
| ۳۲/۸** | ۵۲/۱** | ۵۴۲/۲۵ ^{ns} | ۰/۰۳۹** | ۳۴۳۱۴۷/۳** | ۲ | نیاز آبی L |
| ۰/۵۷ | ۰/۸۰۷ | ۱۰۷/۹۴ | ۰/۰۰۰۲ | ۴۱۸۱۷/۱ | ۴ | خطا ۱ |
| ۵۱/۹ ^{ns} | ۵۷/۵ ^{ns} | ۳۲/۷** | ۰/۰۹۱** | ۵۱۹۵۱۹/۶** | ۱ | کیفیت آب Q |
| ۲۷/۶ ^{ns} | ۴۳/۲۱ ^{ns} | ۲۱/۱۴ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱** | ۲۴۱۲۴/۳ ^{ns} | ۲ | اثر متقابل LQ |
| ۰/۲۰۶ | ۰/۱۰۱ | ۰/۱۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۵۱۵۲/۵ | ۶ | خطا ۲ |
| ۱/۴۵ | ۱/۶۱ | ۰/۵۸ | ۶/۲۱ | ۱/۳۲ | | |

** معنی‌دار^{ns}؛ غیرمعنی‌دار

عملکرد محصول

تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه (L_۲)، ۱۵ درصد کمتر است. همچنین تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه (L_۳) با عملکرد ۲۲۳۱/۸ کیلوگرم در هکتار و با اختلاف ۳۱/۲ درصد نسبت به تیمار تأمین نیاز کامل آبی گیاه (L_۱) از لحاظ آماری در جایگاه (b) قرار گرفته است. نتیجه حاصل از این تحقیق با نتایج بدست آمده از سایر مطالعات همسو است (۱۴ و ۱۳، ۱۲).

لذا مقایسه میانگین این صفت که توسط آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مذکور مشخص است تیمارهای تأمین نیاز کامل آبی گیاه (L_۱) و ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه (L_۲) به ترتیب با عملکرد ۳۲۴۲/۶ و ۳۱۵۴/۷ کیلوگرم در هکتار و با اختلافی در حدود ۲/۷ درصد نسبت به یکدیگر، در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته‌اند. این در حالی است که آب مصرفی

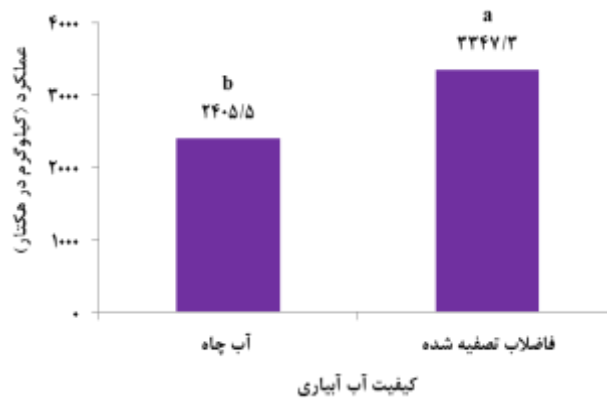


شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد پنبه حاصل از اثر تیمار عامل اصلی

Figure 1. Comparison of the mean efficiency of cotton obtained from the effect of the main factor treatment

درصد بیشتر عملکرد تیمار آبیاری شده با آب چاه می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان آن دانست که عناصر غذایی و مواد آلی موجود در پساب، توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و افزایش هوموس خاک و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی خاک را در پی دارد که در نهایت باعث افزایش عملکرد می‌گردد. (۵)

شکل ۲ مقایسه میانگین عملکرد محصول را تحت تأثیر عامل فرعی را که توسط آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد بدست آمده است، نشان می‌دهند. با توجه به این شکل می‌توان گفت که عملکرد در تیمار آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است. به بیان دیگر، به رغم یکسان بودن میزان آب مصرفی در تیمار عامل فرعی، میزان عملکرد در تیمار آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده ۳۷/۵



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد پنبه حاصل از اثر تیمار عامل فرعی

Figure 2. Comparison of the mean efficiency of cotton obtained from the effect of the secondary factor treatment

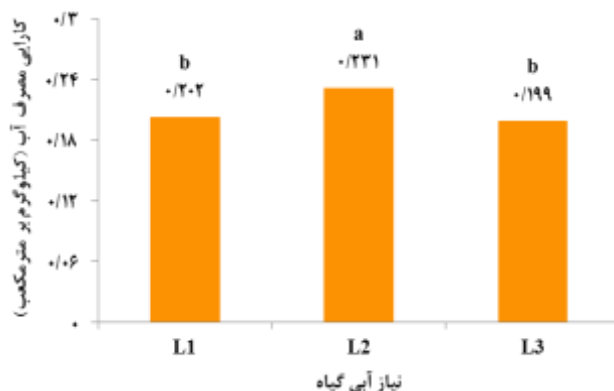
کارایی مصرف آب

بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است. این در حالی است که تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه (L_۳) نسبت به تیمار تأمین نیاز کامل آبی گیاه (L_۱) به رغم صرفه‌جویی ۴۸۱۰ مترمکعب آب در هکتار و با وجود اختلاف ۱/۵ درصدی در کارایی مصرف آب نسبت به یکدیگر، از لحاظ آماری در یک گروه (b) قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که اختلاف کارایی مصرف آب در تیمار

مقایسه میانگین صفت کارایی مصرف آب که توسط آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است تأثیر تنش رطوبتی بر افزایش کارایی مصرف آب پنبه قابل ملاحظه است. بطوری که تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه (L_۲) نسبت به نیاز کامل آبی گیاه (L_۳) با کارایی مصرف آب ۰/۲۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب در

تیمار ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی کامل گیاه، با تیمار نیاز آبی کامل گیاه در سیستم آبیاری قطره‌ای مقایسه شد. نتایج حکایت از آن داشت که بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه رخ داده، و بعد از آن تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی دارای بهترین کارایی مصرف آب بوده است. علاوه بر این، بازده تغییر کارایی مصرف آب در سه سال آزمایش ۰/۲۵ تا ۰/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود (یونلو و همکاران، ۲۰۱۰) با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

۸۵ درصد نیاز آبی گیاه (L_2) نسبت به دو تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه (L_1) و تیمار تأمین نیاز کامل آبی گیاه (L_3) به ترتیب ۱۳/۸۵ و ۱۲/۵۵ درصد است. سایر بررسی‌های انجام‌گرفته در مورد کم‌آبیاری نیز کارآمدی این تکنیک مدیریتی در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را نشان می‌دهد (۱۰). پژوهش‌گران در تحقیق سه ساله‌ای در شرق ترکیه، تأثیر کم‌آبیاری را بر عملکرد و کارایی مصرف آب پنبه را بررسی کردند. در این مطالعه، سه

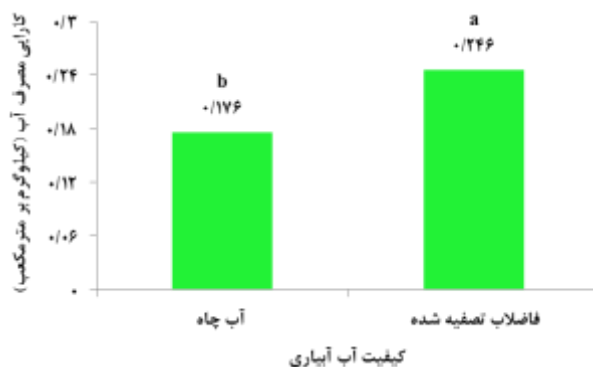


شکل ۳- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب پنبه حاصل از اثر تیمار عامل اصلی

Figure 3. Comparison of the mean efficiency of consuming cotton water obtained from the effect of the main factor treatment

یکسان بودن میزان آب مصرفی در تیمار عامل فرعی، میزان کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده ۲۸/۵ درصد بیشتر کارایی مصرف آب تیمار آبیاری شده با آب چاه می‌باشد که با نتیجه بدست آمده از مطالعه (علی‌خاص و کوچک‌زاده ۱۳۸۹) در یک راستا است.

شکل ۴ مقایسه میانگین کارایی مصرف آب پنبه را تحت تأثیر عامل فرعی را که توسط آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد بدست آمده است، نشان می‌دهند. با توجه به این شکل می‌توان گفت که کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده نسبت به تیمار آبیاری شده با آب چاه در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است. به بیان دیگر، به رغم



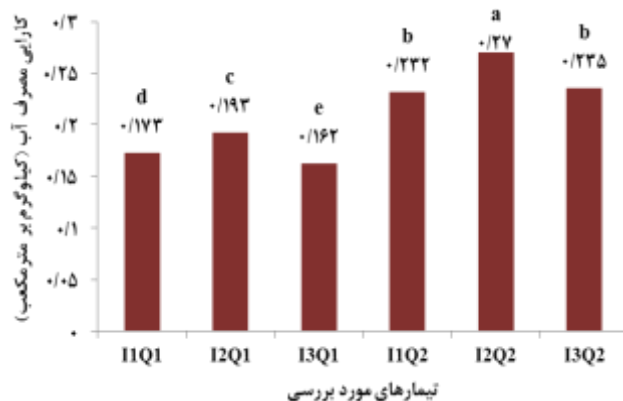
شکل ۴- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب پنبه حاصل از اثر تیمار عامل فرعی

Figure 4. Comparison of the mean efficiency of consuming cotton water obtained from the effect of the secondary factor treatment

شده با آب چاه (L_2Q_1) از لحاظ آماری در جایگاه c قرار گرفته است.

این در حالی است که تیمار تأمین نیاز کامل آبی گیاه و آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده (L_1Q_2) با کارایی مصرف آب ۰/۲۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب و تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده (L_3Q_2) با کارایی مصرف آب ۰/۲۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب، به ترتیب با اختلاف ۱۴/۱ و ۱۳ درصد نسبت به تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده (L_2Q_2)، از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفته‌اند.

در شکل ۵ مقایسه میانگین کارایی مصرف آب پنبه حاصل از اثر متقابل نیاز آبی و کیفیت آب آبیاری آمده است. همانطور که در شکل مشخص است تأثیر متقابل کم آبیاری و کیفیت آب آبیاری بر کارایی مصرف آب قابل ملاحظه می‌باشد. بطوری که تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده (L_2Q_2) با کارایی مصرف آب ۰/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب و با اختلاف ۲۸/۵ درصدی نسبت به تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه آبیاری شده با آب چاه (L_2Q_1)، از لحاظ آماری در بهترین جایگاه قرار گرفته است و تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه آبیاری



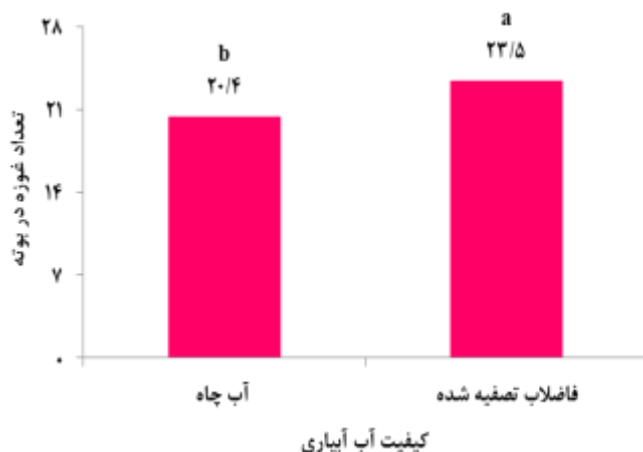
شکل ۵- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب پنبه تحت تأثیر عوامل اصلی و فرعی

Figure 5. Comparison of the mean efficiency of consuming cotton water under the influence of main and secondary factors

تعداد غوزه در بوته

عملکرد پنبه صفت تعدا غوزه در بوته موثرترین جزء عملکرد می‌باشد. این محققین در بررسی عوامل موثر بر افزایش عملکرد پنبه تحت شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه شده بیان نمودند که بین دو پارامتر عملکرد محصول و تعداد غوزه در بوته همبستگی مثبت با ضریب تبیین ۰/۹۶ وجود دارد.

در شکل ۶ مقایسه میانگین تعدا غوزه در بوته حاصل از اثر کیفیت آب آبیاری ترسیم شده است. همانطور که در این شکل مشخص است تعدا غوزه در بوته تیمار آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده با اختلاف در حدود ۱۳ درصد نسبت به تیمار آبیاری شده با آب چاه، در شرایط بسیار بهتری قرار گرفته است. در این خصوص (۹) طی تحقیقی عنوان نمود که در بین اجزای



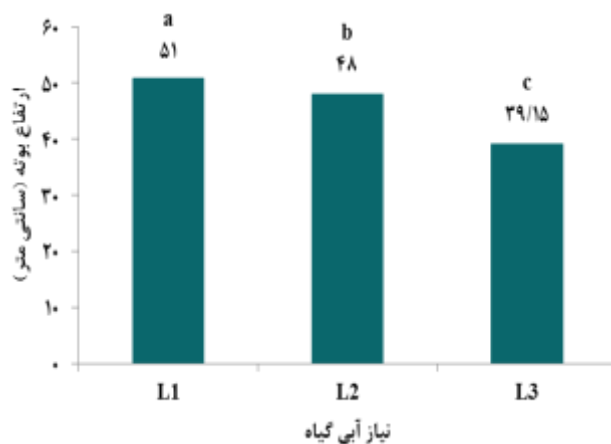
شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته حاصل از اثر تیمار عامل فرعی

Figure 6. Comparison of the mean number of bolls per plant obtained from the effect of the secondary factor treatment

ارتفاع بوته و وزن غوزه

گرفته در سایر تحقیقات می‌توان اینگونه ذکر نمود که برای افزایش ارتفاع بوته پنبه، نباید گیاه دچار هیچ‌گونه تنش آبی شود یا به بیان دیگر در طول دوره رشد نیاز کامل آبی گیاه تأمین شود (۱۴، ۱۳، ۱۲).

همان‌طور که در شکل ۷ مشخص است تیمار تأمین نیاز کامل آبی گیاه (L_1) با ارتفاع بوته ۵۱ سانتی‌متر و با اختلاف به ترتیب ۲۳/۳ و ۵/۹ درصدی نسبت به تیمارهای ۸۵ درصد نیاز آبی (L_2) و ۷۰ درصد نیاز آبی (L_3) در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است. با توجه به نتیجه حاصل و جستجوهای صورت

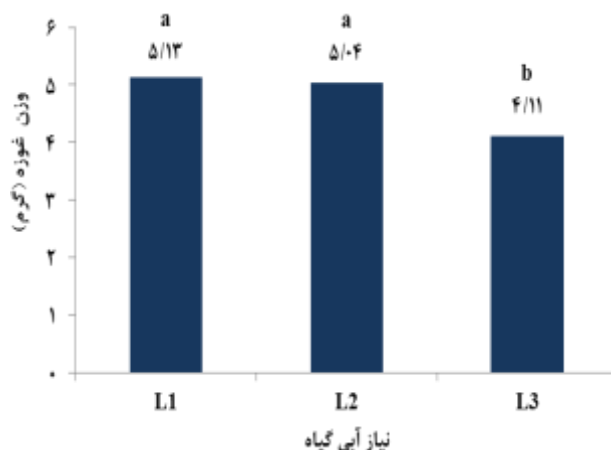


شکل ۷- مقایسه میانگین ارتفاع بوته حاصل از اثر تیمار عامل اصلی

Figure 7. Comparison of average plant height obtained from the effect of the main factor treatment

نیاز کامل آبی گیاه (L_1) ندارد. اما در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی (L_3)، کاهش ۲۰ درصدی وزن غوزه را نسبت به تأمین نیاز کامل آبی گیاه (L_1) به دنبال داشت. نتیجه حاصل از این تحقیق با نتایج بدست آمده از سایر مطالعات همسو است (۱۴، ۱۳، ۱۲).

همان‌طور که در شکل ۸ مشخص است، می‌توان چنین ذکر نمود که تیمارهای تأمین نیاز کامل آبی گیاه (L_1) و ۸۵ درصد نیاز آبی (L_2) به رغم اختلاف ۱/۷ درصدی در صفت وزن غوزه، از لحاظ آماری در یک گروه و در بهترین جایگاه قرار گرفته‌اند. این نتیجه گواه بر این مهم می‌باشد که اعمال تنش خفیف رطوبتی تأثیر چندانی بر روند کاهش وزن غوزه نسبت به تأمین



شکل ۸- مقایسه میانگین وزن غوزه حاصل از اثر تیمار عامل اصلی

Figure 8. Comparison of the average weight of bolls obtained from the effect of the main factor treatment

نتیجه گیری

همان طور که مشخص گردید اعمال ۱۵ درصد کم آبیاری نسبت به نیاز کامل آبی گیاه در فاضلاب تصفیه شده در مقایسه با اعمال تأمین نیاز کامل آبی گیاه در فاضلاب تصفیه شده، در حالی سبب کاهش ۰/۹ درصدی عملکرد، ۳/۴ درصدی تعداد غوزه در بوته، ۴/۴ درصدی ارتفاع بوته، ۱ درصدی وزن غوزه شد که افزایش ۱۴/۸ درصدی کارایی مصرف آب و صرفه جویی ۲۴۰۵ مترمکعب در هکتار آب را در پی داشت. همچنین اعمال ۳۰ درصد کم آبیاری نسبت به نیاز کامل آبی گیاه در فاضلاب تصفیه شده در مقایسه با اعمال تأمین نیاز کامل آبی گیاه در فاضلاب تصفیه شده، در حالی سبب کاهش ۲۸/۹ درصدی عملکرد، ۲۴ درصدی تعداد غوزه در بوته، ۲۵/۴ درصدی ارتفاع بوته، ۱۷/۹ درصدی وزن غوزه شد که صرفه جویی ۴۸۱۰ مترمکعب در هکتار آب در پی داشت. لذا با توجه به نتایج بدست آمده جهت مقابله با بحران کمبود آب در کشور و افزایش راندمان آبیاری استفاده از فاضلاب تصفیه شده و جهت صرفه جویی در مصرف آب اعمال ۱۵ درصد کم آبیاری نسبت به تأمین نیاز کامل آبی گیاه در کشت پنبه در استان کرمان توصیه می شود.

- treated wastewater on soil properties. Geoderma. 2013. 200–201:31-39.
- Zhang, Y. & Shen, Y. 2019. Wastewater irrigation: past, present, and future. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 6, e1234.
 - Morgan Torghabe, M. S., Khashaveh Siouki, A., Shahidi, A., Yaghoubzadeh, M. (2019). Study of irrigation effect wastewater on soil salinity by using satellite image (case study: Birjand treatment). Application of Geography information system and remote sensing in planning, 10(2), 19-34. (In Persian)
 - Al-Sanafy, M., and Akbar, A. Effects of Irrigation with Treated Wastewater on the Physical and Chemical Properties of Soil in Kuwait. International Journal of Science and Technology, 2012. 4: 139-151.
 - Mojiri, A. Effects of municipal wastewater on physical and chemical properties of saline soil. Journal of Biology, Environ Science. 2011. 14: 71-76.

Reference

- SouDakoure M Y, Mermoud A, Yacouba H and Boivin P. Impacts of irrigation with industrial

- Agronomy and Crop Science, 2009. 159: 19–29.
11. Allen, R., Pereira, L., Raes, D., and Smith, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO-56. FAO, Rome, Italy. 1998. 11-27.
 12. Dagdelen, N., Basal, H., Yilmaz, E., Gurbuz, T. and Akcay, S. Different drip irrigation regimes affect Cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. Agricultural water management, 2009. 69: 111 – 120.
 13. Unlu; M., Kanber, R, Levent, D., Tekin, S., and Kapur., B. Effect of deficit irrigation on the yield and yield components of drip irrigation cotton in Mediterranean environment. Agricultural Water Management., 2010.98:597-605.
 14. Rahimi, M., Kalantari, N., Sharifidoost, M. & Kazemi, M. 2018. Quality assessment of treated wastewater to be reused in agriculture. Global Journal of Environmental Science and Management, 4, 217-230.
 6. Ghafoori, S., Hassanpour Darvishi, H., Mohammadvali Samani, H. 2021. “Sustainable management of water resources reusing municipal wastewater in the toll land approach” Journal of Water and Wastewater, 32(4), 122-135. Doi: 10.22093/wwj.2021.277964.3125. (In Persian)
 7. Pirsahab. M; Sharafi. K; Dogaohar. K. Comparison of Mashhad Aolang Wastewater Treatment Plant Effluent with Wells Water Quality for Irrigation. Journal of water and wastewater. Ab Va Fazilab. 2010.4.116-124. (In Persian)
 8. Tavassoli; A. Ghanbari; A. Heydari; M. Paygozar; Y. Esmaeelian; Y. Effect of Treated Wastewater Combined with Various Amounts of Manure and Chemical Fertilizers on Nutrient Content and Yield in Corn. Journal of water and waste water Ab Va Fazilab.2010-3.37-45. (In Persian)
 9. Khasi; M.A., Koochakzadeh; M; Effect of Irrigation with Treated Municipal Wastewater on Cotton Plant Characteristics. Journal of Soil and Water Research.2010.2.229-235. (In Persian)
 10. Basal, H., Dagdelen, N., Unay, A., and Yilmaz, E. Effects of deficit drip irrigation ratios on Cotton (*Gossypium Hirsutum*) yield and fiber quality.