FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 2, Summer, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Potential of non-polluted wastewater from household water consumption for environmental improvement, water and soil conservation, and agricultural production in arid regions (Case study: Zabol city)

Mansour Jahantigh[1]*, Moien Jahantigh[2] , Mohammad Jahantigh[3] , Mohsen Jahantigh[4]

*1. Department of Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture and edition Natural Resources Research Center (AREEO) Zabol, Iran; MJahantigh2000@yahoo.com
2. Department of Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture and edition Natural Resources Research Center (AREEO) Zabol, Iran; moienja23@yahoo.com
3. MSc Student in Medical Biotechnology Neyshabur University of Medical Sciences, Neyshabur, Iran.
4. MSc Student in Medical Biotechnology Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran.
*Email Address: MJahantigh2000@yahoo.com

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2025/04/05
Revised Date:
2025/07/05
Accepted Date:
2025/07/12
Published Date:
2025/08/07

Keywords:
Water consumption management,
uncontaminated wastewater,
new water sources,
planting,
improve the environment.

ABSTRACT

The water crisis is a challenge that threatens the development of countries, especially dry areas, which requires managing water consumption and creating new water resources. Uncontaminated household wastewater is one of these valuable water resources. The purpose of this research is to identify the potential of this water source for use in agriculture and environmental improvement. To conduct this research, twin dishwashers were installed in the kitchen. The outlet pipe of one of them was connected to the sewer, and the other pipe was connected to a water storage tank outside the kitchen, and a water meter was also connected to it. A one-inch pipe was also connected to the sink, where no detergent was used, to direct water to a 20-liter graduated tank outside. Graduated containers were also placed in the bathroom to collect uncontaminated water. To plant seedlings, 18 holes were dug with a depth and diameter of 70 and 60 cm, respectively, and seedlings were planted. The treatments in this study included the type of plant (berry, olive, and pomegranate) and the type of water consumed (uncontaminated water and drinking water). Water and soil samples were also tested. The results showed that during the research period (282 days), 34,024 liters of water were extracted, which was higher in quality than the standards of the Environmental Organization.. Also, vegetation data showed that there was no difference between the growth characteristics of plants with the two water used for irrigating seedlings. It is concluded that the water tested in this study is a valuable resource for household economy, environmental improvement, and water stress reduction.

Cite this article: Mansour Jahantigh , Moien Jahantigh , Mohammad Jahantigh , Mohsen Jahantigh (2025). Potential of non-polluted wastewater from household water consumption for environmental improvement, water and soil conservation, and agricultural production in arid regions (Case study: Zabol city) , Journal of Environmental Sciences Studies, 10(2), Pages 10334 – 10345.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The threat of water scarcity is one of the fundamental problems confronting the development of human societies, including Iran. These threats go beyond water supply for agriculture and industry and have also limited the supply of drinking water. Despite the increase in irrigation efficiency and the change in cultivation patterns and the use of low-water-consuming crops in some parts of the world, such as developed countries, there is a need to exploit other water resources, including wastewater free of pollution for household consumption, due to the limited freshwater resources in some areas.Using uncontaminated household water for various applications is considered one of these sustainable water resources. So that a large part of household water consumption is used for non-potable purposes and a small part is used for drinking .The use of wastewater in the agricultural sector has a long history in the world. The use of recycled wastewater for irrigation of agricultural lands in Asian countries, including Iran, India, and especially China, has a history of about 2000 years. However, it has a shorter history in European countries. Currently, water stress and water shortages in many arid parts of the world have prompted many governments, even those with more favorable rainfall conditions than Iran, to plan for wastewater reuse [f1].

Materials and methods

To conduct this research, twin dishwashers were installed in the kitchen. The outlet pipe of one of them was connected to the sewer, and the other pipe was connected to a water storage tank outside the kitchen, and a water meter was also connected to it. A one-inch pipe was also connected to the sink, where no detergent was used, to direct water to a 20-liter graduated tank outside. Graduated containers were also placed in the bathroom to collect uncontaminated water. To plant seedlings, 18 holes were dug with a depth and diameter of 70 and 60 cm, respectively, and seedlings were planted. The treatments in this study included the type of plant (berry, olive, and pomegranate) and the type of water consumed (uncontaminated water and drinking water). Water and soil samples were also tested.

Results and discussion

The results of soil testing showed that the soil in the area is derived from sediments transported from the highlands of Afghanistan by the Helmand River, and lacks proper drainage and is of low quality. Daily measurement of uncontaminated water flowing from the dishwasher into the water storage tank outside the kitchen, based on a meter installed at the outlet of this tank, collected 25,000 liters of water for a family of three over a period of 283 days. Also, 7614 liters of water were extracted from the washbasin (ablution water, etc.) during the mentioned period. In addition, 1410 liters of water were also collected from the bathroom during the research period, although the potential for water extraction in this location is greater than this amount. A total of 34,024 liters of water were saved as a result of this research. Therefore, the data showed that considering the daily consumption of 450 liters of water by a three-person urban household in Iran, about 120.6 liters of it is uncontaminated daily and can be directly used in agriculture. Water used in the kitchen, washbasin water (ablution water,), and water extracted in the bathroom account for 73.5, 22.4, and 4.1 percent of the water obtained, respectively.

Conclusion

In this study, the amount of uncontaminated kitchen water extraction was investigated in order to identify potential for improving the environment and producing agricultural products in the city of Zabol. The results showed that this water source has a high capacity to meet part of the water needs of dry areas. Due to the rapid population growth and increasing global health levels in all parts of the world, household water consumption is also increasing, which in turn causes an increase in wastewater production and, as a result, an increase in diseases. Increased water consumption, including in arid regions due to water shortages, is accompanied by a water crisis, which requires the replacement of this water through other sources. Wastewater treatment using various methods is currently associated with high costs, and in addition, the quality of the treated wastewater is also limited. However, uncontaminated household wastewater does not require treatment. Therefore, using uncontaminated household wastewater not only saves a portion of the available freshwater resources that are usually used for agriculture and green spaces, but also reduces environmental pollution by reducing the amount of wastewater entering sewage wells and urban sewage systems. Uncontaminated household wastewater is a valuable water resource that is easily accessible.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۲
Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

استعدادیابی پساب غیر آلوده ناشی از آب مصرفی خانوار به‌منظور بهبود محیط زیست، حفاظت آب و خاک و تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک (مطالعه موردی: شهر زابل)

منصور جهان تیغ*[۱] ، معین جهان تیغ[۲]، محمد جهان تیغ[۳] ، محسن جهان تیغ[۴]

*۱- بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران.

۲- بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد فن‌آوری پزشکی دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، نیشابور، ایران.

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد فن‌آوری پزشکی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: Mjahantigh2000@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۱/۱۶
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۴/۱۴
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۴/۲۱
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۵/۱۶

کلید واژه ها:
مدیریت مصرف آب،
پساب غیر آلوده،
منابع آبی جدید،
نهال‌کاری،
بهبود محیط زیست.

چکیده

بحران بی‌آبی چالشی است که توسعه کشورها به‌ویژه نواحی خشک را تهدید می‌نماید که این نیازمند مدیریت مصرف آب و ایجاد منابع آبی جدید است. پساب غیرآلوده آب مصرفی خانوار یکی از این منابع آبی باارزش به‌منظور رفع بخشی از این مشکل است. هدف از اجرای این پژوهش استعدادیابی این منبع آبی جهت به‌کارگیری در کشاورزی و بهبود محیط‌زیست است. برای انجام این پژوهش در آشپزخانه ظرف‌شوی دوقلو نصب شد. لوله خروجی یکی از آنها به فاضلاب هدایت و لوله دیگر به مخزن ذخیره آب در بیرون از آشپزخانه متصل و کنتور آبی نیز به آن وصل شد. به روشویی که در آن مواد شوینده استفاده نمی‌شود، نیز لوله یک اینچی به‌منظور هدایت آب به مخزن ۲۰ لیتری مدرج در بیرون وصل شد. در حمام هم ظروف مدرج جهت جمع‌آوری آب غیر آلوده قرار گرفت. جهت کشت نهال، ۱۸ چاله به عمق و قطر به‌ترتیب ۷۰ و ۶۰ سانتی‌متر حفر و نهال‌کاری شد. تیمارهای این پژوهش شامل نوع گیاه (توت، زیتون و انار) و نوع آب مصرفی (آب غیر آلوده و آب شرب) بود. نمونه‌های آب و خاک نیز مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مدت ۹ ماه ۳۴۰۲۴ لیتر آب استحصال شد که ازلحاظ کیفی نسبت به استانداردهای سازمان محیط‌زیست در حد بالاتری قرار داشت. همچنین داده‌های پوشش گیاهی نشان داد که اختلافی بین رشد ویژگی‌های گیاهان با دو آب استفاده برای آبیاری نهال‌ها وجود نداشت. نتیجه‌گیری می‌شود آب مورد آزمایش این پژوهش منبع با ارزشی برای اقتصاد خانوار و بهبود محیط‌زیست و کاهش تنش آبی به‌شمار می‌آید.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI: 10.22034/jess.2025.514342.2367

۱-مقدمه

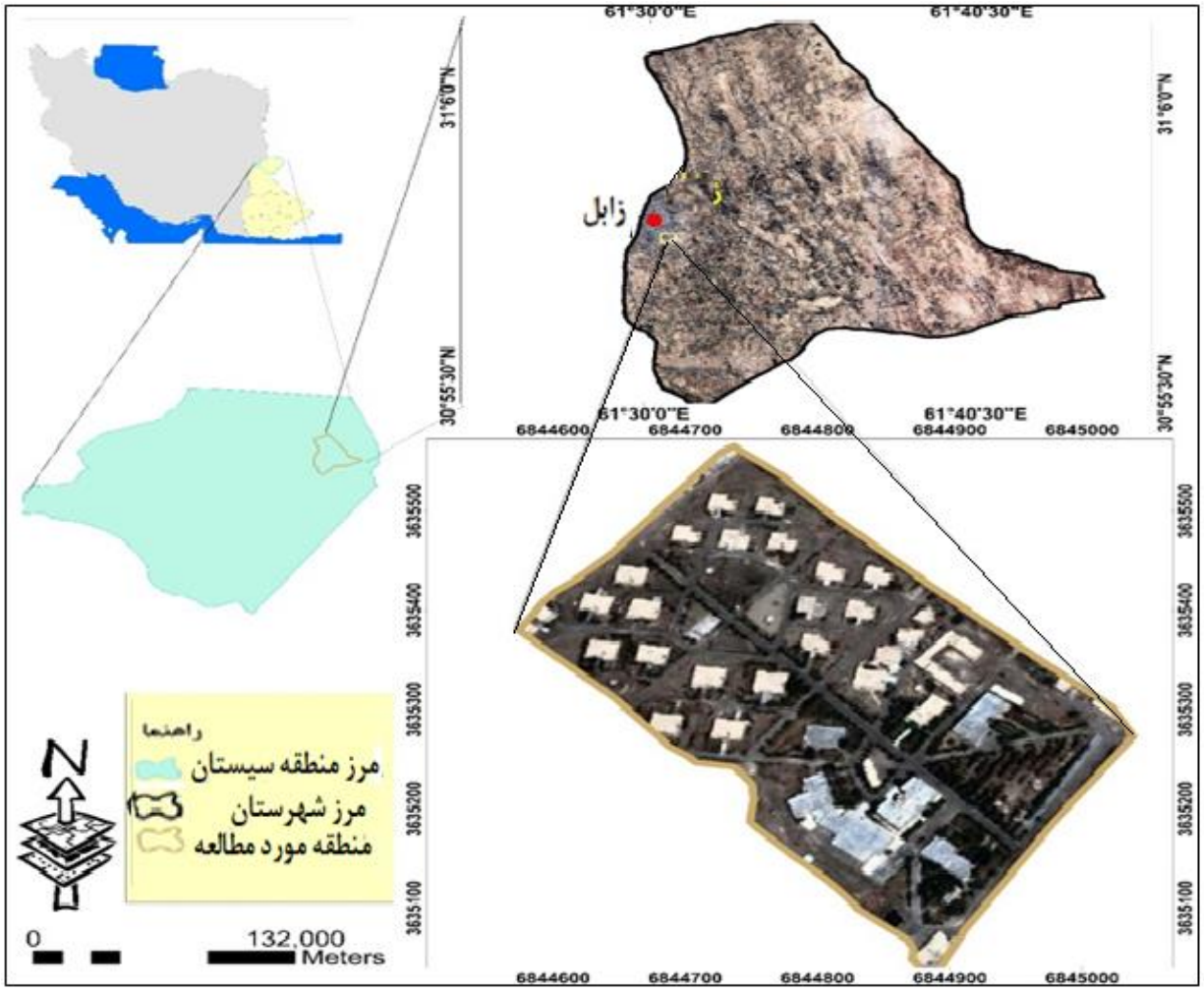
کمبود آب شیرین یکی از چالش‌هایی است که پیشرفت کشورها، به‌ویژه مناطق خشک را تهدید می‌کند. اگر چه حدود ۷۰ درصد سطح زمین را آب فرا گرفته است، ولی بخش عمده آن شور است و فقط ۲/۵ درصد آنرا آب شیرین تشکیل می‌دهد که از این مقدار نیز بخش مهمی از آن، یخچال‌ها هستند که عملاً استفاده از آن به‌آسانی ممکن نیست . مزید بر آن، افزایش رشد جمعیت و به‌تبع آن نیاز به مواد غذایی بیشتر و همچنین ارتقای سطح بهداشت و توسعه صنعتی باعث رشد فزاینده نیاز آبی می‌شود. منابع آب شیرین زمین به دلیل ناهمگون بودن میزان ریزش‌های جوی کره زمین، نه‌تنها با کمبود همراه است، بلکه توزیع مناسبی نیز ندارد. کشور ایران که بر روی کمربند خشک قرار دارد، یکی از نقاط خشک جهان به‌حساب می‌آید. به‌گونه‌ای که بخش اعظمی از سطح آن بارندگی کمتر از میانگین جهانی داشته و در ناحیه خشک و نیمه خشک قرار دارد . بر این اساس، تهدید بی‌آبی یکی از مشکلات اساسی متقابل توسعه جوامع بشری، از جمله کشور ایران است. این تهدیدات از تأمین آب بخش کشاورزی و صنعت فراتر رفته و تأمین آب شرب را نیز با محدودیت همراه ساخته است. با وجود افزایش بازده آبیاری و همچنین تغییر الگوی کشت و استفاده از محصولات کم آب‌بر در برخی از نقاط جهان، از جمله جوامع پیشرفته، ولی محدودیت منابع آب شیرین در بعضی از نواحی، ضرورت بهره‌برداری از منابع آبی دیگر، از جمله پساب عاری از آلودگی مصرف خانوار به‌منظور اهداف متنوع، وجود دارد . به‌کارگیری آب غیر آلوده مصرف خانوار جهت کاربردهای متنوع یکی از این منابع آبی پایدار به‌شمار می‌آید. به‌گونه‌ای که بخش زیادی از مصارف آب خانوار به‌منظور اهداف غیر شرب و بخش ناچیزی از آن جهت شرب استفاده می‌شود. به‌کارگیری فاضلاب در بخش کشاورزی در جهان سابقه طولانی دارد . به‌طوری که کاربرد فاضلاب بازیافتی جهت آبیاری اراضی کشاورزی در کشورهای آسیایی از جمله ایران، هند و خصوصاً چین سابقه حدود ۲۰۰۰ ساله دارد. ولی در کشورهای اروپایی پیشینه کمتری دارد. از اوایل قرن شانزدهم در کشور آلمان و قرن هفدهم در انگلستان فاضلاب بازیافتی شهری جهت پرورش محصولات زراعی و باغی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. همچنین در قرن هیجدهم و نوزدهم، آبیاری محصولات کشاورزی با فاضلاب در اروپا رواج داشته است . در حال حاضر نیز تنش آبی و کمبود آب در بخش زیادی از نقاط خشک جهان، بسیاری از دولت‌ها حتی آنهایی که وضعیت بارندگی مناسب‌تری نسبت به ایران دارند را بر آن داشته است تا برای به‌کارگیری مجدد از فاضلاب برنامه‌ریزی نمایند. در همین راستا به‌عنوان مثال در کشورهای آمریکا، اردن، لبنان، سرزمین‌های اشغالی فلسطین، هند، امارات و غیره در سال‌های اخیر به‌طور روزافزونی فاضلاب بازیافتی برای بهبود وضعیت مصرف آب شرب به‌کارگیری می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۹. در حال حاضر آب بازیافتی ناشی از تصفیه آب خاکستری در جهان کاربردهای متعددی از جمله شرب (تصفیه برای شرب، تغذیه آبخوان و ...)، محیط زیست (جنگل‌کاری، بهبود زیستگاه‌های حیات وحش و ...)، تفریحی (آبیاری زمین‌های چمن و گلف، آبگیر تفریحی جهت قایق‌سواری و ...)، شهری (شستشوی معابر عمومی و وسایط نقلیه، آبیاری فضای سبز و شهری و باغچه‌های منازل مسکونی، تهویه هوای آلوده، فلاش تانک‌های سرویس‌های بهداشتی و آب شیرهای آتش‌نشانی و ...)، کشاورزی (محصولات کشاورزی و باغی، تولید علوفه، آبزی‌پروری و گلخانه‌ها) و صنعتی (شن شویی، برج‌های تهویه هوا، کنترل گرد و غبار، متراکم نمودن خاک، تولید بتن) دارد . در خصوص ویژگی‌های پساب آشپزخانه پژوهش‌های متعددی انجام شده است. در همین خصوص Parwin and Karar Paul (۲۰۲۰) در پژوهشی کیفیت پساب آشپزخانه برای آبیاری در کشور هندوستان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که حدود ۳۰/۷۷ درصد آب مصرفی در آشپزخانه مشکلی برای آبیاری مستقیم محصولات کشاورزی ندارد. نتایج پژوهش Albalawneh و همکاران (۲۰۱۵) با عنوان بررسی بازیافت آب خاکستری و پیشنهادی برای استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی نشان داد که بین ۵۰ تا ۸۰ درصد حجم فاضلاب تولیدی خانوارها را آب خاکستری تشکیل می‌دهد که تصفیه و استفاده مجدد آن در آبیاری کشاورزی نقش مؤثری در کاهش تنش آبی دارد. Gorgich و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش دادند که بخش زیادی از آب مصرف خانوار شامل خروجی ماشین لباسشویی، ماشین ظرف‌شویی و وان حمام خاکستری است که با صرف هزینه کم برای تصفیه آنها، در آبیاری محصولاتی استفاده می‌شود که از لحاظ اقتصادی ارزش بالایی دارند. علاوه بر آن، در پژوهشی Reyes-Paecke و همکاران (۲۰۱۹) مصرف پساب آب مورد استفاده خانوار را برای آبیاری فضاهای سبز و باغچه‌های نقاط مسکونی در منطقه شهری سانتیاگو، شیلی (MAS) را مورد آزمایش قرار دادند. آنان با استفاده از داده‌های اداره آب شهری، آب مصرفی خانوار و باغ‌ها را به دست آوردند و با استفاده از مدل هیدرولوژیکی تأمین نیازهای آبی مورد انتظار پوشش گیاهی را برآورد کردند. نتایج کار آنان نشان داد که در مناطق خشک، پساب آب مصرفی خانوار منبع آبی مطمئنی برای توسعه باغچه‌های خانگی است. از این رو، استفاده از پساب مصرفی خاکستری می‌تواند بخشی از تنش‌های آبی را در مناطق خشک را کاهش دهد و این منبع آبی ابزار مؤثری برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار قلمداد می‌شود . سیستان یکی از مناطق خشک کشور است که با محدودیت فزاینده آبی و همچنین معضل بهداشتی روبرو است. با توجه به اینکه آب این محدوده از کشور

از کوه‌های افغانستان تأمین می‌شود و محدودیت‌های ایجاد شده از سوی این کشور در دادن حق‌آبه ایران، ایجاد منبع آبی جدید برای تأمین بخشی از آب مورد نیاز منطقه، ضروری است. یکی از این منابع، پساب تولیدی عاری از آلودگی ناشی از آب مصرفی خانوار است. از همین رو، این پژوهش، استعدادیابی آب مصرفی خانوار به‌منظور بهبود محیط زیست، حفاظت آب و خاک و تولید محصولات کشاورزی در شهر زابل را مورد بررسی قرار داده است.

۲-روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

محل مورد آزمایش در شمال استان سیستان و بلوچستان، شهر زابل و در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان با مختصات جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۲ ثانیه تا ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۳ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱ دقیقه و ۱۴ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۱ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی و در ارتفاع ۴۸۰ متری سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک است. به‌طوری‌که میانگین بارندگی این ناحیه حدود ۵۰ میلی‌متر در سال است که بخش مهمی از آن در فصل زمستان ریزش می‌کند. متوسط درجه حرارت آن ۱۸درجه سانتی‌گراد است. با توجه به درجه حرارت بالا و وزش بادهای شدید، تبخیر و تعرق منطقه بالا بوده، به‌طوری‌که به حدود ۵ متر در سال می‌رسد که ۳ متر آن در ماه‌های بحرانی (خرداد، تیر و مرداد) سال روی می‌دهد. ولی رطوبت نسبی این محدوده پایین، به‌طوری که متوسط سالانه آن حدود ۲۸ درصد است. مهم‌ترین شاخص آب و هوایی در این منطقه، وزش بادهای ۱۲۰روزه سیستان می‌باشد که از اواسط خرداد ماه شروع و تا اویل مهرماه استمرار می‌یابد.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

- **روش پژوهش**

برای انجام این پژوهش یکی از خانوارهای منازل سازمانی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان که داوطلب همکاری با محقق برای انجام پژوهش بود با توجه به نبود راغب بیشتر، انتخاب شد. در آشپزخانه جهت آبکشی جداگانه مراحل شستشوی ظروف در

دو مخزن (سینک)، ظرف‌شوی دو قلو نصب شد. لوله خروجی یکی از ظرف‌شویی‌ها به لوله ورودی به چاه فاضلاب هدایت شد. علاوه بر آن با تعبیه لوله‌ای دیگر از داخل آشپزخانه جهت ذخیره آب غیر آلوده آشپزخانه به بیرون سوق داده شد. در بیرون از آشپزخانه مخزن آبی قرار گرفت و خروجی ظرف‌شویی به داخل آن هدایت شد. برای اندازه‌گیری آب غیر آلوده خروجی از مصرف خانوار، کنتور آبی در خروجی منبع ذخیره نصب شد. همچنین به آب‌شویه روشویی سرویس بهداشتی که در آن مواد شوینده بکار نمی‌رود و معمولاً برای وضوح و سایر موارد آبکشی دست استفاده می‌شود نیز لوله یک اینچی به‌منظور هدایت آب به بیرون متصل و انتهای آن نیز به مخزن ۲۰ لیتری مدرج وصل شد. علاوه بر آن در حمام نیز ظروف مدرج جهت جمع‌آوری آب غیر آلوده قرار گرفت. در این محل در فصل سرما تا زمان خروج آب گرم از لوله، آب زیادی هدر می‌رفته است که اقدام به اندازه‌گیری آنها شد. جهت کشت نهال، ۱۸ چاله هر یک به عمق و قطر به‌ترتیب ۷۰ و ۶۰ سانتی‌متر حفر شد. چهار نمونه خاک از شاهد و چاله‌ها نیز برداشت و جهت آزمایش برخی از خصوصیات خاک به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین نمونه‌های آب نیز مورد آزمایش قرار گرفت. آب غیر آلوده به فضای سبز حیاط جهت کشت درخت برای اهداف متعدد هدایت شد. تیمارهای این پژوهش شامل نوع گیاه (توت، زیتون و انار) و نوع آب مصرفی (آب غیر آلوده و آب شرب) بود. در فصل بهار و تابستان هر ۱۵ روز ۲۰ لیتر و در پاییز و زمستان هر ۳۰ روز ۲۰ لیتر آب در اختیار نهال‌ها قرار گرفت. ویژگی‌های زنده‌مانی و رشد گیاه (ارتفاع شاخه، تعداد شاخه، شادابی، قطر و تاج پوشش) در فصول رشد اندازه‌گیری شد. همچنین ماهانه رطوبت خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متری به روش وزنی اندازه‌گیری شد.

۳- نتایج

نتایج آزمایش خاک محدوده مورد بررسی نشان داد خاک آن ناشی از رسوباتی است که از ارتفاعات افغانستان توسط رودخانه هیرمند به منطقه انتقال یافته است و فاقد زهکشی مناسب بوده و از کیفیت پایینی نیز برخوردارند. به‌طوری‌که دامنه هدایت الکتریکی آنها بین ۳/۵ تا ۵/۴ (ds/m) در نوسان بوده است. میزان سدیم نمونه خاک محدوده مورد پژوهش بالاست، چنانکه این ویژگی در دامنه ۵۵۰ تا ۸۰۰ (p.p.m) در نوسان است. بنابراین خاک این محدوده تأثیر منفی در رشد و نمو گیاه ایفاء می‌نماید و سبب کاهش راندمان تولید محصول می‌شود. زیرا سدیم ماده‌ای است که به میزان زیاد برای گیاه نیاز نیست و نمک زیادی باعث ایجاد مسمومیت در گیاه می‌شود. درصد سدیم محلول نمونه‌های خاک نیز بین ۷۴ و ۸۷ در نوسان بود. مجموع کلسیم و منیزیم خاک مورد اشاره نیز بین ۲۷۵–۱۰۹ (p.p.m) متغیر بوده است. بنابراین افزایش این ویژگی‌ها نشان دهنده شوری خاک و وجود محدودیت برای رشد گیاه است. جمع کاتیون‌های خاک مزبور نیز از دامنه نوسان ۷۴۳ تا ۱۰۷۵ (p.p.m) برخوردار بود. سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم مهم‌ترین کاتیون‌های هستند که سبب شوری خاک می‌شود. ولی مؤثرترین آنها سدیم، کلسیم و منیزیم هستند، به‌طوری که حدود ۹۹ درصد از مجموع کاتیون‌های خاک‌های شور از این سه کاتیون تشکیل شده است. (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک در زمان شروع طرح

ویژگی / شماره	pH	شوری	سدیم (p.p.m)	درصد سدیم محلول	نسبت جذب سدیم	کلسیم+ منیزیم (p.p.m)	جمع کاتیون‌ها (p.p.m)
نمونه ۱	۸/۱	۴/۵	۷۵۰	۸۷	۱۰۱	۱۰۹	۸۵۹
نمونه ۲	۷/۸	۳/۵	۵۵۰	۷۴	۵۶	۱۹۳	۷۴۳
نمونه ۳	۷/۹	۵/۴	۸۰۰	۷۵	۶۸	۲۷۵	۱۰۷۵

بررسی ذرات بافت خاک نشان می‌دهد که دامنه میزان رس در این محدوده بین ۱۳ تا ۲۰ درصد در نوسان است و متوسط آن ۱۵/۳ درصد بوده است. همچنین مقدار سیلت خاک نمونه‌های مورد پژوهش نیز تغییر بین ۲۵ تا ۴۸ درصد را نشان داد. بیشترین ذرات خاک منطقه را شن تشکیل می‌دهد که دامنه تغییرات۶۲–۳۲ درصد داشته است. بررسی بافت خاک نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های مورد آزمایش دارای بافت لوم، لومی و شنی–لوم بوده‌اند (جدول ۲). از این رو، با توجه به نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک مورد پژوهش، این عرصه نیز همانند سایر نواحی شهری زابل فاقد زهکشی مناسب بوده و تمایل به شوری دارد. یکی از دلایل چنین وضعیتی عدم برنامه‌ریزی برای مدیریت فاضلاب خانوار شهری و همچنین مدیریت خاک منطقه است .

جدول ۲. مشخصات ذرات بافت خاک و نوع آن

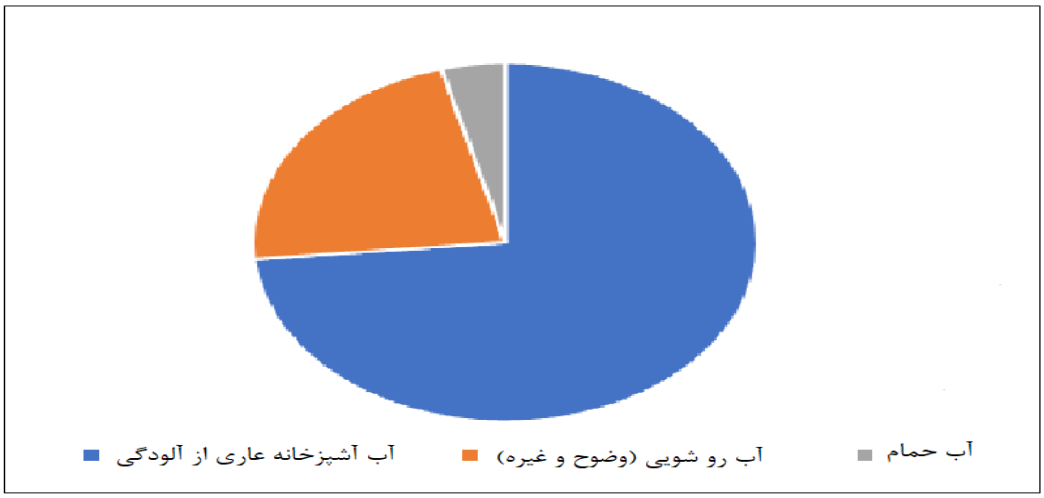
ویژگی / شماره نمونه	رس	سیلت	شن	بافت خاک
۱	۲۰	۴۸	۳۲	لوم
۲	۱۳	۳۵	۵۲	لومی
۳	۱۳	۲۵	۶۲	شنی–لوم
متوسط	۱۵/۳	۳۶	۴۸/۷	–

اندازه‌گیری روزانه آب غیر آلوده خروجی از ظرف‌شویی به داخل مخزن ذخیره آب در بیرون از آشپزخانه بر اساس کنتور نصب شده در خروجی این مخزن برای یک خانواده سه نفری نشان داد که از تاریخ ۱۴۰۲/۱۲/۲۰ تا تاریخ ۱۴۰۳ /۱۱/۲۴ ۲۵۰۰۰ برابر لیتر آب جمع‌آوری شد. همچنین از طریق روشویی (آب وضو و غیره) نیز ۷۶۱۴ لیتر در طول مدت مزبور آب استحصال شد. علاوه بر آن در طول دوره پژوهش در حمام نیز ۱۴۱۰ لیتر آب جمع‌آوری گردید، هر چند زمینه حصول آب در این محل بیشتر از این مقدار است. در مجموع ذخیره ۳۴۰۲۴ لیتر آب ماحصل این پژوهش بود. از این رو، داده‌ها نشان داد که با توجه به مصرف روزانه ۴۵۰ لیتر آب مصرفی خانوار سه نفره شهری در ایران، حدود ۱۲۰/۶ لیتر آن غیر آلوده است که مستقیم می‌توان در کشاورزی از آن بهره‌برداری نمود. آب مورد استفاده در آشپزخانه، آب روشویی (آب وضو و غیره) و آب استحصالی در حمام به ترتیب ۷۳/۵، ۲۲/۴ و ۴/۱ درصد آب حصول شده را تشکیل می‌دهد (جدول ۳ و شکل ۲). استحصال این میزان درصد آب در هر خانوار نقش مهمی در بهبود محیط زیست، حفاظت آب و خاک و تولید محصولات کشاورزی دارد. یکی از اثرات عدم ورود این آب به چاه فاضلاب منزل مسکونی، کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از کاهش تولید پساب آلوده به محیط زیست است. زیرا هر آبی که در خانه استفاده شود، افزایش حجم فاضلاب تولیدی خانوار را در پی دارد که چنین عاملی نقش مهمی در معضلات بهداشتی، افزایش آلودگی و شیوع انواع بیماری‌ها را به‌همراه دارد . عدم زهکشی اراضی منطقه به دلیل افزایش زه آب ناشی از عدم کنترل فاضلاب و پوسیدگی لوله‌های قدیمی لوله‌کشی شهری سبب شوری و آلودگی خاک می‌شود. بنابراین کاهش فاضلاب و همچنین آبشویی خاک چنین محل‌هایی به‌همراه زهکشی مناسب، سلامت خاک و افزایش راندمان تولید و امنیت غذایی را بهمراه دارد که این خود نقش بسزایی در بهبود محیط زیست و ارتقاء سلامت جامعه دارد که این خود زمینه‌ساز کاهش انواع بیماری‌ها می‌باشد .

جدول ۳- میزان آب جمع‌آوری در مدت اجرای پژوهش

محل جمع‌آوری آب	از تاریخ	تا تاریخ	تعداد روز برداشت آب*	میزان آب (لیتر)	درصد
آشپزخانه	۱۴۰۲/۱۲/۱	۱۴۰۳/۱۱/۲۵	۲۸۲	۲۵۰۰۰	۷۳/۵
روشویی (آب وضو و غیره)	۱۴۰۲/۱۲/۱	۱۴۰۳/۱۱/۲۵	۲۸۲	۷۶۱۴	۲۲/۴
حمام	۱۴۰۲/۱۲/۱	۱۴۰۳/۱۱/۲۵	۲۸۲	۱۴۱۰	۴/۱
جمع	۱۴۰۲/۱۲/۱	۱۴۰۳/۱۱/۲۵	۲۸۲	۳۴۰۲۴	۱۰۰
متوسط (روزانه)	–	–	۲۸۲	۱۲۰/۶	--

*۷۸ روز خالی از سکنه بودن محدوده مورد پژوهش



شکل ۲. درصد آب استحصالی از مصارف متعدد خانوار

بر اساس روش تحقیق آب مورد نیاز ماهانه نهال‌های کاشته شده در این پژوهش روزانه و ماهانه به‌ترتیب حدود ۲۶/۷ و ۸۰۰ لیتر است که حدود ۹۴ و ۳۳۲۲۴ لیتر به‌ترتیب روزانه و ماهانه آب غیر آلوده مازاد ناشی از مصرف هر خانوار سه نفره می‌ماند که برای کشت جو، یونجه استفاده شد. مهم‌ترین هدف این پژوهش ظرفیت سنجی میزان آب غیر آلوده مصرف خانوار است که منبع آبی مطمئنی برای بهبود محیط زیست و تولید محصولات کشاورزی (باغی و سبزیجات) به‌حساب می‌آید. نتایج این پژوهش با یافته‌های Tang و همکاران (۲۰۲۰)، Abraham و همکاران (۲۰۱۸) که اعلام کردند که بخش مهمی از آب مصرفی خانوار بدون هیچ‌گونه محدودیتی برای کشاورزی، از جمله باغچه‌های خانگی قابل استفاده است و کاربرد مجدد این پساب خانگی برای حل مشکلات کم‌آبی در نقاط مسکونی در فصول گرم سال مفید است، مطابقت دارد. برای ارزیابی کیفیت آب عاری از آلودگی مصرف خانوار به‌منظور آبیاری از استانداردهای محیط زیست ایران (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۲) استفاده شد. بررسی مشخصات کیفیت پساب غیر آلوده مصرف خانوار مورد آبیاری در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران نشان می‌دهد که میزان اسیدیته (pH) آب استحصالی ۶/۳ بود، در حالی که استاندارد محیط زیست بین ۶–۸/۵ است. شوری آب استحصالی که نقش مؤثری در استقرار و رشد و نمو پوشش گیاهی ایفاء می‌نماید برابر ۱/۱ ds/m است که در سطح بسیار پایین‌تری نسبت به سطح استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران قرار دارد. در حالی که میزان استاندارد این ویژگی برابر ۲/۷–۵/۵ ذکرشده است. دترجنت[1]که به انواع مواد بهداشتی و تمیز کننده که در آب کف می‌نماید، اطلاغ می‌شود و نقش مؤثری در کاهش فتوسنتز در مرحله تصفیه فاضلاب داشته و ماده‌ای خطرناک برای آب‌های زیرزمینی و افزایش بیماری، از جمله نوع پوستی (Janssens-Böcker et al, 2025) به طرق متعدد دارد، در پساب غیر آلوده مصرف خانوار میزان آن برابر ۰/۶ Ppm است و مقدار استاندارد آن ۱/۵ Ppm می‌باشد که بین این دو اختلاف زیادی وجود دارد. بررسی ویژگی نیترات آب استحصالی که ازدیاد آن نقش مؤثری سلامت جامعه و افزایش انواع بیماری‌ها از جمله سرطان دارد ، نشان داد که میزان آن در پساب غیر آلوده مصرف خانوار معادل ۰/۷۱ Mg/L بود و حد استاندارد آن ۱۰ Mg/L می‌باشد. بنابر این مقادیر نشان دهنده آن است که اختلاف آماری زیادی بین تیمار پساب غیر آلوده مصرفی خانوار و استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است. این بدین معنی است که این تیمار فاقد هرگونه تهدید برای سلامتی محیط زیست و انسان است. کادمیوم از جمله عناصر دیگری است که زیادی در سلامتی انسان دارد و زیادی آن در آب سبب بروز بیماری در انسان می‌شود . میزان این ویژگی در آب استحصالی از پساب مورد آزمایش برابر ۰/۰۰۲۱ Mg/L بود و مقدار استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران ۰/۰۵ Mg/L است. این ویژگی نیز در سطح پایین‌تری نسبت استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران می‌باشد. میزان نسبت جذب سدیم (SAR) پساب غیر آلوده مصرف خانوار محدوده مورد پژوهش ۲/۶ بود که نسبت به استاندارد (۱۰) در حد بسیار پایین‌تری قرار دارد. بالا بودن این ویژگی اثرات زیانباری بر روی خاک و محیط زیست دارد (جدول ۴). بنابراین تجزیه تحلیل آزمایشگاهی کیفیت تیمار پساب غیر آلوده مصرفی خانوار نشان می‌دهد که هیچگونه محدودیتی برای استفاده در کشاورزی ندارد.

جدول ۴ . مشخصات کیفیت پساب غیر آلوده مصرف خانوار مورد آبیاری در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران

نوع آب / ویژگی	واحد	آب محل اجرای پژوهش	استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران*
pH	–	۶/۳	۶–۸/۵
شوری	ds/m	۱/۱	۲/۷–۵/۵
دترجنت	Ppm	۰/۶	۱/۵
نیترات	Mg/L	۰/۷۱	۱۰
کادمیوم	Mg kg-1	۰/۰۰۲۱	۰/۰۵
نسبت جذب سدیم	–	۲/۶	۱۰
درصد سدیم محلول	–	۳۹	–
مجموع کاتیون‌ها	Meq/l	۱۴/۳	–
مجموع املاح محلول	Meq/l	۷۰۷	–
کلسیم + منزیم	Meq/l	۸/۸	–
سدیم	Meq/l	۵/۵	۳

***منبع: معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (۱۳۸۹)**

[1] - Detergents

بررسی رطوبت خاک گودال‌های کاشت نهال نشان داد که دامنه تغییرات متوسط این ویژگی در تیمارهای متعدد بین ۱۰/۹ و ۱۱/۷ درصد در نوسان بود (جدول ۵). تجزیه و تحلیل آماره داده‌های رطوبت خاک تیمارهای متعدد نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین رطوبت خاکی که با آب غیر آلوده مصرفی خانوار و آب شرب شهری وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۵. متوسط رطوبت خاک تیمارهای مورد پژوهش در سال اول

تیمار / شماره	I_2P_3	I_2P_2	I_2P_1	I_1P_3	I_1P_2	I_1P_1
۱	۱۱/۹	۱۱/۹	۱۱/۱	۱۱/۱	۱۱/۷	۱۲/۴
۲	۱۰/۳	۱۱/۲	۱۱/۹	۱۰/۹	۱۱/۵	۱۱/۷
۳	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۴	۱۰/۹	۱۱/۱	۱۱/۶
۴	۱۰/۷	۱۱/۵	۱۰/۷	۱۰/۸	۱۰/۹	۱۱/۲
متوسط	۱۰/۹	۱۱/۳	۱۱	۱۰/۹	۱۱/۳	۱۱/۷

آبیاری با آب شهری= I_2 آبیاری با آب غیر آلوده مصرف خانوار= I_1 توت = P_3 انار= P_2 زیتون= P_1

بررسی رشد نهال‌های مورد پژوهش نشان داد که با وجود داشتن خاک نامساعد عمقی محدوده مورد پژوهش و وضعیت سخت آب و هوایی منطقه، نهال‌های کاشته شده از رشد مناسبی برخوردار بودند. نتایج نشان داد که نهال‌های تیمار گیاه زیتون که با آب خاکستری آبیاری شدند با افزایش متوسط ۴ عدد شاخه در طول ۴ ماه همراه بوده است. متوسط میزان افزایش رشد قطر و ارتفاع این گیاهان به‌ترتیب ۰/۳ و ۱۱ سانتی‌متر بوده است (جدول ۷-۶). همچنین تاج پوشش این گیاهان به‌طور متوسط ۰/۰۲۵متر مکعب افزایش رشد داشته است (شکل ۴). داده‌ها نشان داد که در طول مدت اجرای پژوهش تیمار نهال‌های زیتون که با آب شرب آبیاری شده‌اند به‌طور متوسط ۲ عدد بر میزان شاخه‌های آن افزوده شده است. متوسط ارتفاع و قطر این نهال‌ها به‌ترتیب ۰/۲ و ۹ سانتی‌متر بوده است. علاوه بر آن گیاهان مزبور به‌طور متوسط ۰/۰۳ متر مربع رشد تاج پوشش داشته‌اند. نتایج این پژوهش با یافته‌های Parwin and Paul (۲۰۲۰)، Yuan و همکاران (۲۰۲۵) و Sulaiman و همکاران (۲۰۲۵) که اعلام کردند پساب غیر آلوده آشپزخانه سرشار از مواد غذایی مناسب برای رشد محصولات کشاورزی است، همخوانی دارد. همچنین خلیفه و امیری (۱۴۰۰) نیز اعلام کردند که عملکرد آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده عملکرد بهتری نسبت به آب کشاورزی دارد. در طول مدت اجرای پژوهش نهال‌های انار که با آب غیر آلوده آبیاری شده‌اند ۳ عدد به شاخه‌های آنها افزوده شده است. میزان قطر و ارتفاع آنها نیز به‌ترتیب ۰/۲۲ و ۱۳ سانتی‌متر افزایش داشته است. در طول مدت پژوهش ۰/۰۱ متر مکعب بر تاج پوشش این گیاهان افزوده شده است. همچنین در طول مدت این آزمایش ۴ عدد بر شاخه‌های گیاه انار که با آب شرب آبیاری شده‌اند، افزوده شده است. علاوه بر آن به‌طور متوسط به‌ترتیب ۰/۲ و ۹ سانتی‌متر نیز قطر و ارتفاع آنها رشد داشته است. گیاه توت که با آب خاکستری آبیاری شده است با ۲ شاخه افزایش، همراه بوده است. متوسط افزایش رشد قطر و ارتفاع این گیاه که آبیاری آنها با آب غیر آلوده انجام گرفته است به‌ترتیب ۰/۱ و ۱۰ سانتی‌متر با افزایش رشد همراه بوده است. گیاه توت نیز رشد مناسبی داشته است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های پوشش گیاهی نشان داد که بین هیچکدام از ویژگی‌های آنها (ارتفاع، قطر، تاج پوشش و تعداد شاخه) نسبت به هم با دو نوع تیمار آبیاری مورد استفاده، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نمونه‌هایی از پوشش گیاهی محدوده مورد پژوهش در شکل ۳ ارائه شده است.

جدول ۶. اندازه‌گیری ویژگی‌های پوشش گیاهی تیمار آبیاری با آب غیر آلوده مصرف خانوار سال اول

ویژگی / شماره برداشت	I_1P_3			I_1P_2			I_1P_1		
	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	تاج پوشش (m^2)	تعداد شاخه	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	تاج پوشش (m^2)	تعداد شاخه	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	تاج پوشش (m^2)	تعداد شاخه
۱	۶۹	۰/۶	۰/۰۱	۱	۵۷	۰/۳۸	۰/۰۳	۱	۵۵	۰/۴	۰/۰۲۵	۶
۲	۷۲	۰/۶۵	۰/۰۱	۱	۶۲	۰/۳۸	۰/۰۳	۲	۵۹	۰/۵	۰/۰۳	۶
۳	۷۴	۰/۷	۰/۰۲	۳	۶۶	۰/۴۴	۰/۰۳	۳	۶۲	۰/۶	۰/۰۴	۷
۴	۷۹	۰/۷	۰/۰۳	۳	۷۰	۰/۵	۰/۰۴	۵	۶۶	۰/۷	۰/۰۵	۹
رشد	۱۰	۰/۱	۰/۰۲	۲	۱۳	۰/۲۲	۰/۰۱	۴	۱۱	۰/۳	۰/۰۲۵	۳

جدول ۷. اندازه‌گیری ویژگی‌های پوشش گیاهی تیمار آبیاری با آب شهری سال اول

ویژگی / شماره برداشت	I_2P_3				I_2P_2				I_2P_1			
	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	تاج پوشش (m^2)	تعداد شاخه	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	تاج پوشش (m^2)	تعداد شاخه	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	تاج پوشش (m^2)	تعداد شاخه
۱	۷۸	۰/۵	۰/۰۱	۱	۵۱	۰/۳	۰/۰۱	۳	۵۰	۰/۳	۰/۰۲	۵
۲	۸۰	۰/۵۵	۰/۰۱	۱	۵۷	۰/۳۵	۰/۰۱	۴	۵۲	۰/۳۵	۰/۰۳	۶
۳	۸۲	۰/۶	۰/۰۲	۲	۶۳	۰/۴	۰/۰۲	۶	۵۵	۰/۴	۰/۰۴	۷
۴	۸۴	۰/۶	۰/۰۲	۲	۶۵	۰/۴	۰/۰۲	۷	۵۹	۰/۵	۰/۰۵	۹
رشد	۶	۰/۱	۰/۰۱	۱	۱۴	۰/۱	۰/۰۱	۴	۹	۰/۲	۰/۰۳	۴

شکل ۳. نمونه‌ای از پوشش گیاهی محدوده مورد پژوهش

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش میزان استحصال آب غیر آلوده آشپزخانه به‌منظور استعدادیابی به‌منظور بهبود محیط زیست و تولید محصولات کشاورزی در شهر زابل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که این منبع آبی از ظرفیت بالایی برای رفع بخشی از نیاز آبی مناطق خشک برخوردار است. با توجه به رشد سریع جمعیت و افزایش سطح بهداشت جهانی در اقصی نقاط دنیا، مصرف آب خانوار نیز افزایش می‌یابد که این خود باعث افزایش تولید فاضلاب و به دنبال آن افزایش بیماری می شود. افزایش مصرف آب از جمله در مناطق خشک به دلیل کمبود آب با بحران آب همراه می‌شود که این خود نیازمند جایگزینی این آب از طریق منابع دیگر می‌باشد. تصفیه فاضلاب در حال از روش‌های متعدد با هزینه‌های زیادی همراه است و علاوه بر آن از لحاظ کیفی نیز پساب فاضلاب تصفیه شده با محدودیت همراه است. ولی پساب غیر آلوده خانوار نیاز به تصفیه ندارد. تجزیه تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های این آب نشان داد که از لحاظ کیفی در سطح بالایی بوده و کیفیت عناصر آن نیز نسبت به استاندارد سازمان حفاظت محیطزیست کشور در سطح بالاتری قرار دارد و فاقد محدودیت برای به‌کارگیری در کشاورزی و بهبود محیط زیست است. بنابر این از لحاظ زیست محیطی پساب غیر آلوده مصرف خانوار فاقد آلودگی است. همچنین نتایج این پژوهش

نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های پوشش گیاهی آبیاری شده با تیمار آب شهری و پساب غیر آلوده مصرف خانوار وجود ندارد. این بدین معنی است آب که پساب غیر آلوده مصرف خانوار نیز منبع آبی مناسبی برای آبیاری نهال محسوب می‌شود. علاوه بر آن، داده‌ها نشان دارد که متوسط روزانه آب مصرفی غیر آلوده هر خانوار پنج نفری ۱۲۰/۶ لیتر است که این مقدار از ارزش بالایی، بخصوص در مناطق خشک و بدون سفره آب زیرزمینی مانند سیستان برخوردار است که نقش بالایی در بهبود محیط زیست و اقتصاد خانوار دارد. نتیجه‌گیری می‌شود که به‌کارگیری این منبع آبی برای تولید محصولات کشاورزی و توسعه فضای سبز نه‌تنها از میزان تنش آبی در کانون‌های جمعیتی می‌کاهد، بلکه قادر به تأمین بخشی از نیازهای خانوارها نیز خواهد بود. از این رو، مدیریت کارآمد فاضلاب خانگی جهت تقلیل اثرات زیست محیطی آن و حفاظت از منابع آبی و همچنین کمک به اقتصاد خانوار ضروری است. بنابر این با استفاده از پساب غیر آلوده خانوار علاوه بر اینکه بخشی از منابع آب شیرین قابل دسترس که معمولاً برای کشاورزی و فضای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد، صرفه‌جویی می شود، بلکه با کاهش ورود فاضلاب به چاه‌های فاضلاب و همچنین سامانه‌های فاضلاب شهری، از میزان آلودگی محیط زیست نیز کاسته می‌شود. پساب غیر آلوده مصرف خانوار یکی از منابع آبی با ارزشی است که به‌آسانی قابل استحصال است.

۵- پیشنهادهای کاربردی

الف) پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بیشتری در زمینه پساب غیر آلوده مصرفی خانوار صورت پذیرد.

ب) به‌منظور توسعه بکارگیری پساب غیر آلوده خانوار جهت امور کشاورزی، برنامه‌های آموزشی و ترویجی لازم اجراء گردد.

پ) با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از کشور ایران را مناطق خشک و نیمه خشک همراه با بحران آب تشکیل می‌دهد، پیشنهاد می‌شود با ارائه تسهیلات، از جمله، تخفیف در عوارض شهرداری، هزینه‌های امتیاز آب و فاضلاب و ... زمینه‌ای فراهم شود تا مشترکین آب شهری و روستایی، تشویق به جمع‌آوری پساب غیر آلوده مصرفی خانوار خود جهت بهره‌برداری‌های متعدد شوند.

منابع

- Albalawneh, A and Tsun-Kuo Chang. 2015. Review of the greywater and proposed greywater recycling scheme for agricultural irrigation reuses, International Journal of Research, 3(12): 16-35.
- Anczukowicz, W., & Rodziewicz, J. 2024. Water and Wastewater Management in Agriculture. Applied Sciences, 14(6), 2488. https://doi.org/10.3390/app14062488
- Belmeziei, A., Bouzina, A. M. H., and De Gouvello, B. 2025. Emergence of a new paradigm of water supply through adaptation strategies of the intermittent system in Algerian residential buildings. Cities, 158, 105657.
- Chakraborty, P., Abhishek, S., Sethi, C., & Jeevan, G. 2025. Condensate Water as Alternate Resource for Mitigating Water Stress: A Case Study. Water Conservation Science and Engineering, 10(1), 4. doi.org/10.1007/s41101-024-00334-z
- Chaudhary, I. J., Chauhan, R., Kale, S. S., Gosavi, S., Rathore, D., Dwivedi, V., ... & Yadav, V. K. (2025). Groundwater Nitrate Contamination and its Effect on Human Health: A Review. Water Conservation Science and Engineering, 10(1): 1-21.
- Chen, W., An, W., Wang, C., Gao, Q., Wang, C., Zhang, L., & Yang, M. 2025. Utilizing wastewater surveillance to model behavioural responses and prevent healthcare overload during “Disease X” outbreaks. Emerging Microbes & Infections, 14(1), 2437240.
  DOR: 20.1001. 1.24235970.1403.12.3.2.9
- Frishberg, M. 2025. The Race for Green Hydrogen Speeds Up. Research-Technology Management, 68(1), 59-60. DOI: 10.1080/08956308.2024.2421105.
- Gorgich, M., Mata, T. M., Martins, A., Caetano, N. S., & Formigo, N. 2020. Application of domestic greywater for irrigating agricultural products: A brief study. Energy Reports, 6, 811-817.
- Janssens-Böcker, C., Doberenz, C., Monteiro, M., & de Oliveira Ferreira, M. 2025. Influence of Cosmetic Skincare Products with pH< 5 on the Skin Microbiome: A Randomized Clinical Evaluation. Dermatology and Therapy, 15(1), 141-159.
- Menin B. 2024. Innovative Technologies for Large-Scale Water Production in Arid Regions: Strategies for Sustainable Development. Journal of Applied Mathematics and Physics, 12, 2506-2558. https://doi.org/10.4236/jamp.2024.127150
- Parwin, P and K, Karar Paul. 2020. Assessment of kitchen wastewater quality for irrigation, Applied Water Science, V, 10: 1-9. doi.org/10.1007/s13201-020-01278-0
- Ribeiro, P. G., Martins, G. C., da Silveira Pereira, W. V., Gastauer, M., de Medeiros-Sarmento, P. S., Caldeira, C. F., ... & Ramos, S. J. 2025. Environmental and human health risk assessment of potentially

toxic elements in rehabilitating iron mine lands in the Brazilian Amazon. Journal of Environmental Management, 374, 124059.

- Shao, J., Lei, L., & Zhou, L. 2025. Impact of cadmium risk communication on household cadmium reduction technology adoption: Evidence from a randomized controlled trial in China. Environmental Impact Assessment Review, 114, 107918.
- Sulaiman, M. O., Mackey, H. R., Al-Ghouti, M. A., Saththasivam, J., & Abu-Dieyeh, M. H. 2025. Perspectives of Utilizing Greywater in Agricultural Irrigation with a Special Reference to Vegetated Wall Agrosystems. Water, *17*(1), 103.
- Yuan, Y., Wang, J., Gao, X., Huang, K., & Zhao, X. 2025. Optimizing planting management practices considering a suite of crop water footprint indicators-A case-study of the Fengjiashan Irrigation District. Agricultural Water Management, 307, 109261.
- جهان تیغ، م.، جهان تیغ، م.، ۱۴۰۳. کارآیی بندهای خشکه‌چین در کنترل رسوب و افزایش سطح اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: زیر حوزه آبخیز نارون خاش). سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۱۲(۳)، ۱۳۰-۱۱۷.
- جهان تیغ، م.، جهان تیغ، م.، ۱۴۰۳. استعدادیابی آب وضو و عاری از آلودگی به‌منظور ایجاد پوشش گیاهی در مناطق خشک (مطالعه موردی: شهر زابل)، سیزدهمین همایش ملی سطوح آبگیر باران، گرگان، ایران.
- خلیفه، ه.، امیری.، ۱۴۰۰. مقایسه رشد گونه یوکا (گیاه خنجر) با آبیاری توسط پساب بهداشتی و آب شرب، مطالعات علوم محیط زیست، (۶)۱: ۳۲۹۵-۳۲۸۷.
- سعادت، س.، اسماعیل نژاد، ل.، رضایی، ح.، میرخانی، ر.، ۱۴۰۳. پایش وضعیت شوری خاک دشت سیستان با استفاده از داده‌های زمینی و سنجش از دور، تحقیقات آب و خاک ایران، (۸)۵۵: ۱۳۰۹-۱۲۹۷.
- فرمانی‌فرد، م.،۱۴۰۲. بررسی تأثیر آبیاری بلندمدت با فاضلاب تصفیه‌شده شهری کرمانشاه بر برخی خصوصیات شیمیایی لایه‌های خاک، فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب،(۱)۳: ۱۰۲-۷۹.doi:10.22126/atwe.2023.8751.1033
- قانعیان، م.ت.، دهواری، م.، ۱۳۹۸. راهنمای کاربرد آب‌های بازیافتی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۵۴ صفحه.