**Gonbad Kavous University**
**Journal of Plant**
**Ecosystem Conservation**
**Volume 13, Issue 27**
**http://pec.gonbad.ac.ir**

# Studying the effect of municipal and industrial wastewater on the canopy and antioxidant enzymes of some trees in the green space of Ardakan Pellet Factory

**Mahsa Arami[1], Jalal Gholamnezhad*[2], Mostafa Shirmardi[2]**

[1] Former M.Sc. Student, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
[2,] Associate Professors, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

Received: 2024/07/16; Accepted: 2025/08/02

**Abstract**

The scarcity of water across the country (Iran) and even the world has brought the attention of researchers to the reuse of municipal and industrial wastewater. One of the ways of saving money and resources is the use of industrial effluents and municipal sewage in creating and development of green spaces. Ardakan Pellet Making Industrial Complex (Chadermelo) is one of the industries that, in line with the management of this crisis, irrigates its green space with the water resources available at the factory site (i.e. industrial effluent and treated urban sewage). The purpose of this study is to investigate some of the morphological and physiological characteristics of a number of plants cultivated in this complex, which are irrigated with gray, or the above-mentioned, water sources. This research uses a complete randomized block design with three water treatments including three types of urban sewage treatment water, industrial wastewater and a mixture of both types of water in three replications for six plant species: olive, eucalyptus, pomegranate, Tehran pine, Egyptian silk, and bitter elder. Investigation included the analysis of the morphological traits of Taj Gostar and measuring the physiological traits including measuring the amount of total protein and antioxidant enzymes (catalase and peroxidase). The results showed that among the three applied treatments, with the use of treated urban wastewater resulted in a significant increase in the Taj Gostar trait of pomegranate, olive, elderberry, and Egyptian silk trees. According to the obtained results, the largest canopy (114.95 cm) in pomegranate was related to the treatment with sewage, and the smallest (111.93 cm) was in the trees treated with industrial wastewater. In the case of olive and bitter elder, it was shown that the largest crown (131.36 and 214.33 cm, respectively) of the olive tree was a result of treatment with sewage. The lowest crown was recorded in the treatment with industrial effluent in the case of olive (129.40 cm) and in the case of bitter elder mixed treatment (industrial effluent and sewage), resulted in a rate of 196.66 cm. In the case of eucalyptus and pine trees, almost a similar trend was observed. Measuring the amount of total protein showed that the highest amount of protein (25.07 mg/kg) of pomegranate was in the treatment with industrial wastewater and the lowest amount (23.47 mg/kg) was related to the treatment of trees with wastewater. There was no significant difference with mixed water treatment. A similar trend was observed for olive, pine, eucalyptus and Egyptian silk. The results related to the measurement of two antioxidant enzymes, catalase, and peroxidase showed that, for all the trees, the highest activity of enzymes

*Corresponding author: jgholamnezhad@ardakan.ac.ir



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

was in the treatment of industrial effluents and the lowest was related to the treatment of sewage. Considering the results of this study, the use of treated municipal wastewater for irrigation of green spaces in the Gol-e-Gohar pelletizing industrial complex (Ardakan), particularly for pomegranate, olive, Russian olive, and Egyptian silk tree, led to a significant increase in canopy growth (crown diameter), indicating better adaptation of these plants to this water source. On the other hand, while industrial effluent increased the activity of antioxidant enzymes (catalase and peroxidase) and protein levels in some species, it had a negative effect on canopy growth.

***Keywords:*** Canopy, Total protein, Catalase, Peroxidase, Industrial wastewater, Urban wastewater

[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره سیزدهم، شماره بیست و هفتم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

# مطالعهٔ تأثیر فاضلاب‌شهری و پساب‌صنعتی بر تاج‌گستر (کنوپی) و آنزیم‌های آنتی اکسیدان بعضی از درختان فضای‌سبز کارخانه گندله‌سازی اردکان

مهسا آرامی[1]، جلال غلام‌نژاد*[2]، مصطفی شیرمردی[2]

[1]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان
[2]دانشیاران گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۱

**چکیده**

**کمبود آب در اکثر مناطق کشور و حتی جهان، باعث توجه محققان به استفاده مجدد از فاضلاب شهری و همچنین صنعتی شده است. یکی از راه‌های صرفه‌جویی استفاده از پساب صنعتی و فاضلاب شهری برای ایجاد و توسعهٔ فضای سبز است. مجتمع صنعتی گندله سازی اردکان (چادرملو) از جمله صنایعی است که در راستای مدیریت این بحران، فضای سبز ایجاد شده در آنجا را با منابع آبی موجود در محل کارخانه یعنی پساب صنعتی و فاضلاب شهری تصفیه شده آبیاری می‌کند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی برخی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک تعدادی از گیاهان کشت شده در این مجتمع که آبیاری آن‌ها با منابع آبی ذکر شده یا آب‌های خاکستری انجام می‌شود، است. این تحقیق در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تیمار آبی شامل سه نوع آب تصفیهٔ فاضلاب شهری، پساب صنعتی و مخلوطی از هردو نوع آب در سه تکرار برای شش گونه گیاهی زیتون، اکالیپتوس، انار،کاج تهران، ابریشم مصری و سنجد تلخ و بررسی صفت مورفولوژیک تاج گستر و اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک شامل اندازه‌گیری میزان پروتئین کل و آنزیم‌های آنتی اکسیدان (کاتالاز و پراکسیداز) انجام شد. نتایج نشان داد از بین سه تیمار اعمال شده، تیمار درختان با فاضلاب تصفیه شده شهری، باعث افزایش معنی دار صفت تاج گستر در مورد درختان انار، زیتون، سنجدتلخ و ابریشم مصری شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده بزرگترین تاج‌گستر (۱۱۴/۹۵ سانتی متر) در انار مربوط به تیمار با فاضلاب بود و کمترین آن (۱۱۱/۹۳ سانتی متر) را درختان تیمار شده با پساب صنعتی داشتند. در مورد زیتون و سنجد تلخ نشان داد که بزرگترین تاج گستر(۱۳۱/۳۶ و ۲۱۴/۳۳ سانتی متر به ترتیب) درخت زیتون مربوط به تیمار با فاضلاب بود و کمترین آن‌ها در تیمار با پساب صنعتی در مورد زیتون (۱۲۹/۴۰ سانتی متر) و در مورد سنجد تلخ تیمار مخلوط (پساب صنعتی و فاضلاب) به میزان ۱۹۶/۶۶ سانتی متر مشاهد شد. در مورد درختان اکالیپتوس و کاج تقریبا روندی مشابه مشاهده شد. نتایج اندازه گیری میزان پروتئین کل نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین (۲۵/۰۷ میلی گرم در کیلوگرم) انار در در تیمار با پساب صنعتی بود و کمترین مقدار آن (۲۳/۴۷ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار درختان با فاضلاب بود که با تیمار آبی مخلوط تفاوت معنی‌دار نداشتند. در مورد زیتون، کاج، اکالیپتوس و ابریشم مصری تقریباً روند مشابهی مشاهده شد. نتایج مربوط به اندازه‌گیری دو آنزیم آنتی اکسیدان، کاتالاز و پراکسیداز، نشان داد که در مورد همهٔ درختان بیشترین فعالیت آنزیم‌ها در تیمار پساب صنعتی و کمترین مربوط به تیمار فاضلاب بود. با توجه به نتایج این مطالعه، استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری برای آبیاری فضای سبز در مجتمع صنعتی گندله سازی اردکان، به‌ویژه برای گونه‌های انار، زیتون، سنجد تلخ و ابریشم مصری، منجر به افزایش معنادار رشد تاج‌پوشش (تاج‌گستر) شد که نشان‌دهنده سازگاری بهتر این گیاهان با این منبع آبی است. از طرفی،**

* نویسنده مسئول: jgholamnezhad@ardakan.ac.ir



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

**پساب صنعتی اگرچه باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز و پراکسیداز) و سطح پروتئین در برخی گونه‌ها شد، اما اثر منفی بر رشد تاج گستر داشت.**

**واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، پساب صنعتی، پروتئین کل، سایه بان، فاضلاب شهری، کاتالاز**

**مقدمه**

مبحث آب و تمام مسائل مرتبط با آن، مسألهٔ مهم امروز جهان، ایران و مناطق کویری و خشک مانند استان یزد و شهرستان اردکان است. تغییرات اقلیمی، خشکسالی های پی درپی، کاهش مستمر حجم بارندگی، توسعه نامتوازن صنایع و کشاورزی، مدیریت ناکارآمد در استفاده از منابع محدود آبی کشور، عدم توجه به مسائل آمایش سرزمین و توسعه پایدار، باعث افت سطح سفره های آب های زیرزمینی، فرونشست زمین، بیابان زایی و ایجاد بحران گردیده است. مشکل تنها کمبود آب نیست، بلکه استفاده غیر صحیح از منابع آب موجود است به صورتی که بهره وری از آب به کمترین میزان خود رسیده است (نوری و همکاران، ۱۳۹۹).

اردکان یکی از شهرستان‌های استان یزد است که دارای اقلیم کویری می‌باشد، متوسط بارندگی سالیانه در این شهرستان حدود ۶۰ میلی‌متر است و به علت نداشتن آب کافی، کشاورزی در اردکان رونق چندانی ندارد (امیدوار و همکاران ۱۳۹۵). بحران منابع آبی در اکثر مناطق کشور ما، باعث توجه متخصصین امور کشاورزی به استفاده از فاضلاب شهری و پساب صنعتی شده است (Funder et al., 2010). فاضلاب شهری علاوه بر تأمین نیازآبی گیاه، موادغذایی موردنیاز آن‌ها را تا حد زیادی تأمین می‌کند به‌طوری‌که در مواردی به علت داشتن عناصر ضروری مثل نیتروژن باعث کاهش استفاده از کودهای شیمیایی شده و در نتیجه مقداری از هزینه‌های تولید را کم نموده است (عابدی و همکاران ۱۳۸۰). بعضی از پژوهش‌ها نشان داده که میزان مواد مغذی موجود در فاضلاب‌شهری بیش از نیاز محصولات زراعی می‌باشد و فقط گونه‌های درختی می‌توانند وفور این مواد مغذی را به بیوماس‌گیاهی تبدیل نمایند (Singh and Devkota et al., 2019; Bahati, 2005). در مواردی که از فاضلاب‌شهری در زمین‌های‌جنگلی جهت جذب فلزات سنگین مضر استفاده شده‌است، نتایج مطلوبی به‌دست‌آمده که برای مثال می‌توان به کاهش سمیّت خاک و سالم‌سازی محیط اطراف اشاره نمود که علت آن توسعه خوب سیستم ریشه‌ای می‌باشد (Bahati and Singh, 2003).

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از فاضلاب شهری تصفیه‌شده نه‌تنها می‌تواند کمبود آب را در مناطق خشک جبران کند، بلکه به‌عنوان منبعی غنی از مواد مغذی عمل نموده و کیفیت خاک را بهبود می‌بخشد. بر اساس پژوهش‌های قدیر و همکاران (Qadir et al., 2020) ، کاربرد فاضلاب شهری در آبیاری فضای سبز منجر به افزایش ماده آلی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی تا ۳۰٪ شده است. همچنین، مطالعه‌ای توسط النقشبندی و همکاران (Al-Nakshabandi et al., 2021) در مناطق خشک خاورمیانه انجام شد و نتایج مبین این نکته بودند که فاضلاب شهری با دارا بودن نیتروژن، فسفر و پتاسیم، رشد گیاهان مقاوم به خشکی مانند اکالیپتوس و زیتون را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر در مجتمع گندله‌سازی اردکان که نشان‌دهنده بهبود رشد تاج‌پوشش در گونه‌های انار و زیتون بود، همسو است.

ایجاد فضای سبز در اطراف شهرهای نواحی خشک و نیمه‌خشک که دارای سرانهٔ فضای‌سبز کمی هستند جهت بهبود وضعیت آب و هوا بسیار ضرورت دارد (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۶، Saida et al., 2010). کمبود منابع‌آبی در این مناطق همواره معضل بزرگی در جهت گسترش فضای سبز می‌باشد، باتوجه به موارد مذکور که شامل نیاز به ایجاد فضای‌سبز و کمبود منابع‌آبی در اقلیم کویری می‌باشد ضرورت استفاده از فاضلاب‌شهری در کشاورزی و فضای‌سبز هرچه بیشتر مشخص می‌شود. از موارد دیگری که می‌توان به آن اشاره نمود، صنعتی‌شدن شهرستان اردکان و در پی آن افزایش جمعیت شهروندی در دو دههٔ اخیر می‌باشد، در نتیجه‌ی این امر و تولید پساب‌صنعتی باید به دنبال راهی برای استفادهٔ مجدد از این پساب‌ها در آبیاری فضای سبز باشیم که این خود از راه‌هایی در جهت گسترش فضای‌سبز این مناطق



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

و هم‌چنین مدیریت منابع آبی می‌باشد. لذا در این تحقیق به بررسی استفاده از فاضلاب شهری و پساب صنعتی در فضای-سبز و کشاورزی و تأثیر آن‌ها در این امور خواهیم پرداخت.

از سوی دیگر، چالش‌های مرتبط با استفاده از پساب صنعتی، به‌ویژه در مناطق صنعتی مانند اردکان، نیازمند مدیریت دقیق است. با در نظر گرفتن اهمیت فضای سبز در شهرهای مناطق خشک و نیمه‌خشک همانند اردکان که دارای سرانه فضای سبزکمی هستند و همچنین گسترش صنعت در این شهر و باتوجه به اینکه در این منطقه، آب یکی از عوامل محدودکننده در توسعه فضای سبز است، استفاده از پساب صنعتی و فاضلاب شهری به عنوان منابع آبی جهت آبیاری فضای سبزاز جمله راهکارهای مدیریت این منابع است (Khan et al., 2022). با این حال، بهره‌برداری از پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری برای آبیاری فضای سبز، مستلزم رعایت استانداردهای زیست‌محیطی و کنترل دقیق آلاینده‌هاست تا از اثرات منفی بر خاک، گیاهان و سلامت عمومی جلوگیری شود. تصفیه مناسب پساب‌ها، پایش مستمر کیفیت آب و خاک، و انتخاب گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری و آلودگی می‌تواند به بهینه‌سازی این فرآیند کمک کند. در این راستا، همکاری بین صنایع، سازمان‌های محیط زیست و شهرداری‌ها برای تدوین برنامه‌های مدیریتی یکپارچه ضروری است تا ضمن حفظ پایداری اکولوژیکی، از مزایای اقتصادی و اجتماعی توسعهٔ فضای سبز نیز بهره مند شد.

نظر به اینکه مجتمع چادرملو از بزرگترین مجتمع‌های صنعتی و معدنی کشور است و مساحت فضای سبز چشمگیری دارد و نیز گیاهان موجود که با انواع پساب آبیاری می‌گردند، در وضعیت مناسبی هستند، این تحقیق با هدف بررسی اثر آبیاری با آب‌های پساب صنعتی، فاضلاب تصفیه شده شهری و مخلوط آن‌ها آبیاری بر مساحت تاج گستر و همچنین آنزیم‌های آنتی اکسیدان گیاهان موجود در فضای سبز گندله سازی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

محل انجام این پژوهش مجتمع صنعتی چادرملو (گندله سازی) اردکان واقع در جادهٔ اردکان- نایین بود. طول جغرافیایی ۵۳درجه و۳۰ دقیقه شرقی و۳۲درجه و۲۵ دقیقه شمالی میباشد.متوسط ارتفاع از سطح دریا۱۱۷۰متر می باشد این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک (براساس جدول تقسیمات آمبرژه) با میانگین بارندگی سالانه حدود ۶۰ میلی‌متر در سال است.

### تیمارها

آزمایشات مربوطه در محل مجتمع صنعتی چادرملو اردکان واقع در جادهٔ اردکان- نایین انجام شد. این تحقیق در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد که تیمارها در این مطالعه شامل سه نوع آب تصفیهٔ فاضلاب شهری، پساب صنعتی و مخلوطی از هردو نوع آب بود و برای هرگونهٔ گیاهی مورد بررسی سه تکرار در نظر گرفته شد. درختان کشت شده در این محل اراضی جنگل‌کاری شده با درختان انار (*Punica granatum* L.)، اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*)، زیتون (*Olea europaea L.*)، کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.)، ابریشم مصری (*Albizia julibrissin* Durazz.) و سنجد تلخ (*Elaeagnus angustifolia* L.) بودند. برای آبیاری، هرکدام از این اراضی به سه قسمت تقسیم و با فواصل زمانی منظم و مساوی (هر ۱۲-۷ روز یکبار) و سه نوع آب تصفیهٔ فاضلاب شهری، پساب صنعتی و مخلوطی از هر دو، به روش آبیاری غرقابی، آبیاری شدند.

### اندازه‌گیری صفات

کنوپی (تاج گستر) و صفات فیزیولوژیکی مانند مقدار پروتئین کل و آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز در این پژوهش مورد ارزیابی قرارگرفت. پساب صنعتی و فاضلاب شهری حاوی ترکیبات تنش‌زایی مانند فلزات سنگین و نمکها است . افزایش پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نشان‌دهنده سازوکارهای دفاعی گیاه در برابر این تنش‌هاست. آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، رادیکال‌های آزاد تولیدشده تحت تنش را خنثی می‌کنند. لذا در این مطالعه صفات مذکور اندازه گیری شدند.

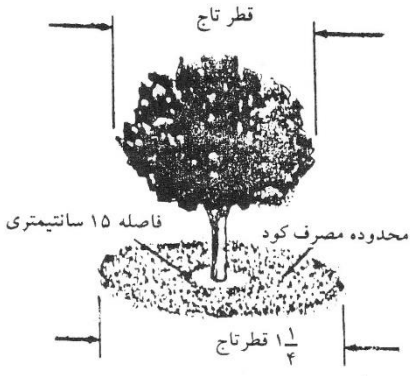


[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

**صفات مورفولوژیکی**

**-تاج گستر**

تاج گستر درختان یا همان میزان سایه اندازی مفید آنها، با اندازه گیری قطر تاج پوشش درختان به وسیله متر برآورد شد (Segal et al., 2011, Kovacs et al., 2016) (شکل ۱).




**شکل ۱- اندازه‌گیری تاج‌گستر درخت**

**صفات فیزیولوژیکی**

**اندازه گیری فعالیت آنزیم‌ها**

برای محاسبه فعالیت اختصاصی آنزیم‌های مورد آزمون و تعمیم فعالیت آنزیم به میلی‌گرم پروتئین موجود در بافت؛ میزان پروتئین تام موجود در نمونه ها به روش برادفورد تعیین شد (Bradford, 1976). این روش بر مبنای اتصال رنگ کوماسی بریلیانت‌بلو موجود در معرف بردفورد به ملکول پروتئین استوار است.

**تهیه معرف برادفورد**

به منظور تهیهٔ این معرف، ۱۰۰میلی‌گرم پودر کوماسی بریلیانت بلو(G 250) ( فلوکا[2]) در ۵۰ میلی لیتر اتانول ۹۵ ٪ حل نموده ، سپس این محلول را روی شیکر قرار داده و بر روی شیکر ۱۰۰ میلی لیتر محلول اسید فسفریک ۸۵ درصد(ساخت شرکت مرک) قطره‌قطره به محلول فوق اضافه شد و سپس با آب مقطر حجم محلول به یک لیتر رسانده شد و سپس این محلول صاف شد. رنگ محلول به تدریج تغییر نمود و نهایتاً زرد پر رنگ تا قهوه‌ای روشن شد. این معرف باید دور از نور و در دمای ۴ درجهٔ سانتی گراد نگهداری شود، با این شرایط می توان آن را تا یک ماه نگهداری کرد ( Gholamnezhad et al., 2019).

**تهیه محلول پایه پروتئین استاندارد**

برای تهیهٔ منحنی استاندارد ابتدا محلول پایهٔ پروتئین تهیه شد. پنج میلی‌گرم از پروتئین استاندارد (ساخت کارخانهٔ فلوکا) در پنج میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی مولار با پی اچ ۷حل کرده و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. پروتئین استاندارد مورد استفاده آلبومین سرم گاوی BSA[4] فراکسیون پنج بود.

**تهیه منحنی پروتئین استاندارد**

مقادیر ۵، ۱۰، ۲۵ ،۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ میکروگرم از محلول BSA در آب مقطر سترون به طور جدا گانه به سه میلی‌لیتر معرف بردفورد در لوله آزمایش (۵ میلی لیتری) اضافه شد. پس از مخلوط کردن کامل بلافاصله میزان جذب نور در طول موج λ max = ۵۹۵ nm با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (شیمادزو AA-6200 ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد. لوله‌های حاوی صفر میکرولیتر پروتئین استاندارد جهت صفر کردن دستگاه استفاده شد هر کدام از تیمار ها در سه تکرار انجام گرفت و میانگین آن‌ها جهت تهیه منحنی استاندارد استفاده شد (Bradford, 1976). منحنی استاندارد و معادله رگرسیون بر اساس جذب نور هرکدام از غلظت‌ها محاسبه و ترسیم شد. برای تعیین میزان پروتئین کل عصاره مورد آزمایش، مقدار پنج میکرولیتر از عصاره هر نمونه با سه میلی‌لیتر محلول برادفورد کاملاً مخلوط شد و تغییرات جذب نور در طول موج λ max= ۵۱۵ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. برای هر نمونه سه تکرار در نظر گرفته شد (Bradford, 1976).

[2] Fluka

[4] Bovine Serum Albumin



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

**استخراج پروتئین از بافت گیاه (روش ریونی و همکاران ((Reuveni et al., 1995)**

۱۰۰ میلی‌گرم از بافت گیاهان مورد مطالعه در این تحقیق، نمونه‌برداری شده و سپس در یک و یال دو میلی‌لیتری، یک میلی‌لیتر بافر نمونه فسفات سدیم ۰/۱ مولار با pH =۶ اضافه و کاملاً مخلوط شد. مخلوط حاصل بلافاصله به میکروتیوب‌های دو میلی‌لیتری منتقل و توسط میکروسانتریفوژ در rpm ۱۳۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه در چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. مایع رویی برای انجام آزمایش‌های جدا و تا قبل از انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد (ریونی، ۱۹۹۵). از این عصارهٔ استخراج شده جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز استفاده شد.

**ارزیابی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (روش گنگ و همکاران (Gong et al., 2001))**

فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس روش ارائه شده توسط گنگ و همکاران (Gong et al., 2001) به شرح زیر ارزیابی شد:

مقداری از عصاره که دارای ۴۰ میکروگرم پروتئین بود (این مقدار با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد)، با مقداری از بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی مولار با pH= ۷ به حجم دو میلی‌لیتر رسانده و سپس در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شد و دستگاه با آن کالیبره شد. سپس به میزان ۱۰۰ میکرولیتر از $H_2O_2$ ۳٪ به مخلوط واکنش اضافه و میزان جذب نور به مدت ۲ دقیقه اندازه گیری شد. میزان فعالیت آنزیم بر اساس مقدار تجزیه شدن $H_2O_2$ اندازه گیری شد، جذب محلول ها در ۲۴۰ نانومتر نسبت به آب با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر قرائت شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس میلی‌مولار پراکسید هیدروژن در دقیقه در میلی گرم پروتئین ( ΔOD /Min./mg. protein)در چهار تکرار اندازه گیری شد.

**ارزیابی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (روش ریونی و همکاران(Reuveni et al., 1995))**

دو میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل مقداری از عصاره که دارای ۵۰ میلی‌گرم پروتئین باشد (این مقدار با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد)، ۵ میلی‌مولار گوئیکول و مقدار کافی بافر فسفات ۲۵ میلی مول ۷ =pH تا به حجم نهایی دو میلی لیتر برسد، در یک لوله آزمایش ریخته و دستگاه اسپکتروفتومتر با استفاده از این مخلوط در طول موج ۴۷۰ نانومتر صفر گردید. سپس ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ($H_2O_2$) ۳۰ درصد به این مخلوط اضافه شد و سریعاً تغییرات جذب نور به فواصل ۱۰ ثانیه، به مدت یک دقیقه اندازه گیری شد. مقدار فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (ΔOD /Min./mg. protein) (Reuveni, 1995).

**تجزیه و تحلیل داده ها**

طرح استفاده شده در این تحقیق بلوک کامل تصادفی بود. پس از جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا داده‌ها وارد برنامه اکسل شدند و سپس با استفاده از نرم افزار SAS 9.2 آنالیز واریانس داده‌ها صورت گرفت و مقایسات میانگین داده‌ها به روش دانکن انجام شد.

**نتایج**

**تاج گستر (کنوپی)**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر تاج‌گسترگیاهان مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده بزرگترین کنوپی (۱۱۴/۹۵ سانتی متر) در انار مربوط به تیمار با فاضلاب بود و کمترین آن(۱۱۱/۹۳ سانتی متر) را درختان تیمار شده با پساب صنعتی داشتند (جدول۱). بررسی تیمارهای زیتون نشان داد که بزرگترین تاج گستر(۱۳۱/۳۶ سانتی متر) درخت زیتون مربوط به تیمار با فاضلاب بود و کمترین آن‌ها (۱۲۹/۴۰ سانتی متر) در تیمار با پساب صنعتی مشاهد شد البته با تیمار مخلوط آب‌ها (پساب صنعتی و فاضلاب) دارای اختلاف معنی دار نبود (جدول ۲). در میان تیمارهای درخت سنجد تلخ، بزرگترین تاج گستر(۲۱۴/۳۳ سانتی متر) مربوط به تیمار با فاضلاب بود و کمترین تاج گستر(۱۹۶/۶۶ سانتی متر) مربوط به تیمار مخلوط (پساب صنعتی و فاضلاب) بود



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

که با پساب صنعتی دارای اختلاف معنی دار نیستند (جدول ۲). بررسی تیمارهای درختان اکالیپتوس مشخص کرد که هرچند سه نوع تیمار دارای اختلاف معنی دار نیستند اما از نظر عددی، بزرگترین تاج گستر(۹۴/۶۰ سانتی متر) مربوط به تیمار با فاضلاب و کمترین آن(۹۴/۵۰ سامنی متر) مربوط به تیمار مخلوط است (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل شده بزرگترین تاج گستر (۱۸۳/۶۶ سانتی‌متر) درختان کاج از نظر عددی مربوط به تیمار با فاضلاب بود اما دو تیمار پساب صنعتی و فاضلاب شهری دارای اختلاف معنی دار نیستند و کوچکترین آن‌ها (۱۷۳/۳۳) در تیمار مخلوط مشاهده شد (جدول ۲).

**جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر کنوپی**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | انار | زیتون | سنجد تلخ | اکالیپتوس | کاج | ابریشم مصری |
| بلوک | ۲ | $^{ns}$۶۳.۲۹ | $^{ns}$۶۵.۳۳ | $^{ns}$۹۳.۵۸ | $^{ns}$۶۳.۲۵ | $^{ns}$۶۲.۳۹ | $^{ns}$۶۳.۲۹ |
| تیمارها | ۲ | $^{**}$۱۷.۲۶ | $^{**}$۸۷.۲۹ | $^{**}$۳۶.۵۲ | $^{**}$۸۷.۲۱ | $^{**}$۲۵.۳۵ | $^{**}$۵۰.۳۳ |
| خطا | ۶ | ۵۴.۲ | ۳۲.۱ | ۱۷.۲ | ۱۶.۲ | ۱۳.۱ | ۴۲.۲ |
| C.V | ۸ | ۰۶.۵ | ۱۴.۲ | ۳۸.۹ | ۰۶.۹ | ۹۶.۱۰ | ۲۸.۹ |

$^{ns}$ اختلاف معنی دار وجود ندارد. **معنی دار در سطح احتمال ۱٪

**جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر میزان کنوپی**

| ردیف | تیمارها | | کنوپی* |
|---|---|---|---|
| ۱ | **انار** | پساب صنعتی | $^{c}$۹۳.۱۱۱ |
| ۲ | | فاضلاب | $^{a}$۹۵.۱۱۴ |
| ۳ | | مخلوط | $^{bc}$۲۶.۱۱۲ |
| ۴ | **زیتون** | پساب صنعتی | $^{b}$۴۰.۱۲۹ |
| ۵ | | فاضلاب | $^{a}$۳۶.۱۳۱ |
| ۶ | | مخلوط | $^{b}$۵۳.۱۲۹ |
| ۷ | **سنجد تلخ** | پساب صنعتی | $^{b}$۰۰.۲۰۰ |
| ۸ | | فاضلاب | $^{a}$۳۳.۲۱۴ |
| ۹ | | مخلوط | $^{b}$۶۶.۱۹۶ |
| ۱۰ | **اکالیپتوس** | پساب صنعتی | $^{a}$۹۴,۵۱ |
| ۱۱ | | فاضلاب | $^{a}$۹۴,۶۰ |
| ۱۲ | | مخلوط | $^{a}$۹۴,۵۰ |
| ۱۳ | **کاج** | پساب صنعتی | $^{a}$۱۸۱,۰۰ |
| ۱۴ | | فاضلاب | $^{a}$۱۸۳,۶۶ |
| ۱۵ | | مخلوط | $^{b}$۳۳.۱۷۳ |
| ۱۶ | **ابریشم مصری** | پساب صنعتی | $^{b}$۳۳.۱۸۲ |
| ۱۷ | | فاضلاب | $^{a}$۱۸۴,۳۳ |
| ۱۸ | | مخلوط | $^{b}$۳۳.۱۸۳ |

* مقایسه بین تیمارها در مورد هر درخت به صورت جداگانه انجام شده است، و حروف مختلف نشان دهندهٔ اختلاف معنی دار در سطح یک درصد، بین تیمارهای اعمال شده بر روی یک درخت است.

## پروتئین و آنزیم‌ها

### اندازه گیری میزان پروتئین کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارها بر مقدار پروتئین درختان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

بلوک‌ها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. بررسی نتایج نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین (۲۵/۰۷ میلی گرم در کیلوگرم) انار در در تیمار با پساب صنعتی بود و کمترین مقدار آن (۲۳/۴۷ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار درختان با فاضلاب بود که با تیمار آبی مخلوط تفاوت معنی دار نداشتند (جدول ۴). بیشترین مقدار پروتئین(۲۷/۶۱ میلی گرم در کیلوگرم) در زیتون مربوط به تیمار با پساب صنعتی و کمترین مقدار(۲۵/۴۹ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار با فاضلاب بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که مقدار پروتئین در کاج و ابریشم مصری در هر سه تیمار دارای اختلاف معنی‌دار نیستند (جدول ۴). بررسی تیمارهای اکالیپتوس مشخص کرد که بیشترین مقدار (۳۰/۴۶ میلی گرم در کیلوگرم) پروتئین مربوط به تیمار با پساب صنعتی است و با تیمار آبی مخلوط اختلاف معنی‌دار ندارند و کمترین مقدار پروتئین(۲۸/۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) در درختان اکالیپتوس تیمار شده با فاضلاب بود (جدول ۴).

**جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر پروتئین**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | انار | زیتون | سنجد تلخ | اکالیپتوس | کاج | ابریشم مصری |
| بلوک | ۲ | $^{ns}$۱۳/۲۵ | $^{ns}$۱۴/۰۲ | $^{ns}$۱۶/۵۸ | $^{ns}$۱۴/۹۶ | $^{ns}$۱۶/۹۶ | $^{ns}$۱۳/۹۶ |
| تیمارها | ۲ | **۱۰/۰۹ | $^{**}$۱۱/۱۱ | $^{**}$۱۳/۰۱ | $^{*}$۱۳/۲۱ | $^{**}$۱۲/۲۱ | $^{**}$۹/۱۲ |
| خطا | ۶ | ۲/۹۶ | ۳/۹۶ | ۱/۰۲ | ۲/۵۸ | ۱/۹۶ | ۳/۶۵ |
| C.V | | ۳/۹۶ | ۳/۰۶ | ۲/۱۸ | ۳/۲۹ | ۲/۱۳ | ۱۰/۳۲ |

$^{ns}$ اختلاف معنی دار وجود ندارد. **معنی دار در سطح احتمال ۱٪

**جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر میزان پروتئین**

| ردیف | تیمارها | | پروتئین (mg/kg)* |
|---|---|---|---|
| ۱ | انار | پساب صنعتی | $^{a}$۰۷/۲۵ |
| ۲ | | فاضلاب | $^{b}$۴۷/۲۳ |
| ۳ | | مخلوط | $^{ab}$۳۳/۲۴ |
| ۴ | زیتون | پساب صنعتی | $^{a}$۶۱/۲۷ |
| ۵ | | فاضلاب | $^{b}$۴۹/۲۵ |
| ۶ | | مخلوط | $^{ab}$۴۳/۲۶ |
| ۷ | سنجد تلخ | پساب صنعتی | $^{a}$۵۸/۲۸ |
| ۸ | | فاضلاب | $^{b}$۴۴/۲۵ |
| ۹ | | مخلوط | $^{a}$۸۱/۲۷ |
| ۱۰ | اکالیپتوس | پساب صنعتی | $^{a}$۴۶/۳۰ |
| ۱۱ | | فاضلاب | $^{b}$۴۸/۲۸ |
| ۱۲ | | مخلوط | $^{a}$۴۵/۳۰ |
| ۱۳ | کاج | پساب صنعتی | $^{a}$۲۸/۲۶ |
| ۱۴ | | فاضلاب | $^{a}$۱۸/۲۵ |
| ۱۵ | | مخلوط | $^{a}$۳۵/۲۶ |
| ۱۶ | ابریشم مصری | پساب صنعتی | $^{a}$۴۵/۲۲ |
| ۱۷ | | فاضلاب | $^{a}$۳۶/۲۱ |
| ۱۸ | | مخلوط | $^{a}$۹۸/۲۲ |

* مقایسه بین تیمارها در مورد هر درخت به صورت جداگانه انجام شده است، و حروف مختلف نشان دهندهٔ اختلاف معنی دار در سطح یک درصد، بین تیمارهای اعمال شده بر روی یک درخت است.



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

**اندازه گیری میزان فعالیت کاتالاز**

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارها بر مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز درختان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین بلوک‌ها در سطح یک درصد اختلاف معنی دار وجود ندارد. بررسی نتایج نشان داد که بیشترین مقدار کاتالاز (۱/۵۳ میلی گرم در کیلوگرم) در انار مربوط به تیمار با پساب صنعتی بود و کمترین مقدار آنزیم کاتالاز (۱/۳۴میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار با فاضلاب مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین مقدار کاتالاز (۲/۲۰ میلی گرم در کیلوگرم) زیتون مربوط به تیمار با پساب صنعتی بود و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت و کمترین مقدار آن (۱/۸۴ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار مخلوط بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که بیشترین میزان کاتالاز (۲/۴۸ میلی گرم در کیلوگرم) درختان سنجدتلخ در تیمار آبی مخلوط بود و کمترین مقدار(۱/۹۳ میلی گرم در کیلوگرم) آن مربوط به تیمار با پساب صنعتی بود (جدول ۶). بررسی تیمارهای درختان کاج مشخص کرد که بیشترین مقدار کاتالاز بین تیمارهای پساب صنعتی و مخلوط دارای تفاوت معنی دار نبود و کمترین میزان آنزیم کاتالاز (۲/۸۶ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار با فاضلاب بود (جدول ۶).

مشاهد شد که بیشترین مقدار کاتالاز (۲/۵۶ میلی گرم در کیلوگرم) در گیاه کاج مربوط به تیمار مخلوط و کمترین مقداربین دو تیمار پساب صنعتی و مخلوط تفاوت معنی‌دار نداشت(جدول ۶). در ابریشم مصری بیشترین میزان کاتالاز(۱/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار با پساب صنعتی و کمترین مقدار(۱/۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار با فاضلاب بود (جدول ۶).

**جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر آنزیم کاتالاز**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | انار | زیتون | سنجد تلخ | اکالیپتوس | کاج | ابریشم مصری |
| بلوک | ۲ | $^{ns}$۲/۳۶ | $^{ns}$۴/۵۲ | $^{ns}$۳/۶۸ | $^{ns}$۳/۵۶ | $^{ns}$۳/۵۲ | $^{ns}$۲/۰۳ |
| تیمارها | ۲ | **۱.۹۸ | $^{**}$۲/۰۸ | $^{**}$۲/۲۰ | $^{**}$۲/۲۳ | $^{**}$۲/۱۲ | $^{**}$۱/۱۸ |
| خطا | ۶ | ۰/۵۳ | ۰/۹۶ | ۰/۸۹ | ۱/۱۲ | ۰/۶۳ | ۰/۲۳ |
| C.V | | ۲/۹۸ | ۳/۶۹ | ۴/۰۶ | ۵/۲۹ | ۲/۲۵ | ۱/۱۵ |

$^{ns}$ اختلاف معنی دار وجود ندارد. **معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

**جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز**

| ردیف | تیمارها | | میزان فعالیت آنزیم کاتالاز* |
|---|---|---|---|
| ۱ | انار | پساب صنعتی | $^{a}$۱/۵۳ |
| ۲ | | فاضلاب | $^{c}$۱/۳۴ |
| ۳ | | مخلوط | $^{bc}$۱/۴۲ |
| ۴ | زیتون | پساب صنعتی | $^{a}$۲/۲۰ |
| ۵ | | فاضلاب | $^{b}$۱/۹۵ |
| ۶ | | مخلوط | $^{c}$۱/۸۴ |
| ۷ | سنجد تلخ | پساب صنعتی | $^{c}$۱/۹۳ |
| ۸ | | فاضلاب | $^{b}$۲/۲۰ |
| ۹ | | مخلوط | $^{a}$۲/۴۸ |



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

ادامه جدول ۶

| ردیف | تیمارها | | میزان فعالیت آنزیم کاتالاز* |
|---|---|---|---|
| ۱۰ | اکالیپتوس | پساب صنعتی | $^{a}$۳/۱۴ |
| ۱۱ | | فاضلاب | $^{b}$۲/۸۶ |
| ۱۲ | | مخلوط | $^{a}$۳/۱۱ |
| ۱۳ | کاج | پساب صنعتی | $^{b}$۲/۱۱ |
| ۱۴ | | فاضلاب | $^{b}$۲/۱۲ |
| ۱۵ | | مخلوط | $^{a}$۲/۵۶ |
| ۱۶ | ابریشم مصری | پساب صنعتی | $^{a}$۱/۴۲ |
| ۱۷ | | فاضلاب | $^{c}$۱/۲۹ |
| ۱۸ | | مخلوط | $^{bc}$۱/۳۲ |

مقایسه بین تیمارها در مورد هر درخت به صورت جداگانه انجام شده است، و حروف مختلف نشان دهندهٔ اختلاف معنی دار در سطح یک درصد، بین تیمارهای اعمال شده بر روی یک درخت است.

## اندازه گیری میزان فعالیت پراکسیداز

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارها بر مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز درختان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین بلوک‌ها در سطح یک درصد اختلاف معنی دار وجود ندارد. بررسی نتایج نشان داد که بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز(۰/۸۷ میلی گرم در کیلوگرم) گیاه انار مربوط به تیمار با پساب صنعتی و کمترین مقدار آن (۰/۶۳ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار با فاضلاب بود( جدول ۸). بیشترین مقدار (۱/۰۷ میلی گرم در کیلوگرم) پراکسیداز زیتون در تیمار با پساب صنعتی و کمترین مقدار این آنزیم (۰/۹۱ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار درختان با فاضلاب مشاهد شد (جدول ۸). بررسی تیمارهای سنجدتلخ نشان داد که مقدار پراکسیداز در تیمار با پساب صنعتی دارای بالاترین میزان(۱/۱۴ میلی گرم در کیلوگرم) است و کمترین مقدار (۰/۹۵ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار با فاضلاب است (جدول ۸). بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز (۱/۵۱ میلی گرم در کیلوگرم) در درختان اکالیپتوس مربوط به تیمارهای پساب صنعتی و مخلوط بود که نتایج کاملا یکسان بودند و کمترین مقدار آن (۱/۴۱ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار با فاضلاب مشاهده شد (جدول ۸). بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز در درختان کاج در تیمارهای پساب صنعتی و مخلوط اختلاف معنی دار نداشت و کمترین میزان (۰/۹۶ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تمار با فاضلاب بود (جدول ۸).

مقدار آنزیم پراکسیداز در ابریشم مصری در تیمار با با پساب صنعتی بالاترین مقدار (۰/۶۶ میلی گرم در کیلوگرم) را دارد و با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی دار است و کمترین مقدار (۰/۵۱ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار با فاضلاب مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر آنزیم پراکسیداز

| | | مجموع مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | انار | زیتون | سنجد تلخ | اکالیپتوس | کاج | ابریشم مصری |
| تیمارها | ۲ | ۱/۲۲** | ۱/۹۸** | ۲/۵۶** | ۲/۹۸** | ۱/۸۵** | ۲/۰۶** |
| خطا | ۶ | ۰/۷۶ | ۱/۰۳ | ۱/۰۶ | ۱/۰۷ | ۱/۳۴ | ۱/۹۶ |
| c.v | ۸ | ۵/۶۹ | ۹/۱۲ | ۷/۱۸ | ۲/۳۶ | ۷/۱۷ | ۹/۱۲ |

**معنی دار در سطح احتمال ۱٪



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

**جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر میزان پراکسیداز**

| ردیف | تیمارها | | میزان پراکسیداز* |
|---|---|---|---|
| ۱ | انار | پساب صنعتی | $^{a}$۰/۸۷ |
| ۲ | | فاضلاب | $^{c}$۰/۶۳ |
| ۳ | | مخلوط | $^{b}$۰/۷۴ |
| ۴ | زیتون | پساب صنعتی | $^{a}$۱/۰۷ |
| ۵ | | فاضلاب | $^{bc}$۰/۹۱ |
| ۶ | | مخلوط | $^{b}$۰/۹۷ |
| ۷ | سنجد تلخ | پساب صنعتی | $^{a}$۱/۱۴ |
| ۸ | | فاضلاب | $^{c}$۰/۹۵ |
| ۹ | | مخلوط | $^{ab}$۱/۱۱ |
| ۱۰ | اکالیپتوس | پساب صنعتی | $^{a}$۱/۵۱ |
| ۱۱ | | فاضلاب | $^{b}$۱/۴۱ |
| ۱۲ | | مخلوط | $^{a}$۱/۵۱ |
| ۱۳ | کاج | پساب صنعتی | $^{a}$۱/۰۶ |
| ۱۴ | | فاضلاب | $^{b}$۰/۹۶ |
| ۱۵ | | مخلوط | $^{a}$۱/۰۳ |
| ۱۶ | ابریشم مصری | پساب صنعتی | $^{a}$۰/۶۶ |
| ۱۷ | | فاضلاب | $^{c}$۰/۵۱ |
| ۱۸ | | مخلوط | $^{b}$۰/۵۴ |

* مقایسه بین تیمارها در مورد هر درخت به صورت جداگانه انجام شده است، و حروف مختلف نشان دهندهٔ اختلاف معنی دار در سطح یک درصد، بین تیمارهای اعمال شده بر روی یک درخت است.

**بحث**

نتایج این تحقیق نشـــان داد که تیمارهای به کار گرفته شـده بر روی صـفت مورفولوژی مطالعه شـده تأثیر مثبت و افزاینده داشـت. در بررسـی تیمارهای انار مشـخص شـد که آبیاری با فاضـــلاب شـــهری موجب افزایش تاج گســـتر این درخت می شود که با سایر تیمارها اختلاف معنی دار دارد و با نتایج حاصل از تحقیق حسینیان (۱۳۶۰) که تأثیر فاضلاب شهری را بر صفات رشدی از جمله کنوپی درختان انار مورد بررســـی قرار داده بود، مطابقت داشـــت. با توجه به این‌که فاضـلاب شـهری دارای مواد مغذی برای حاصـلخیزی خاک است گیاهان آبیاری شده با فاضلاب رشد خوبی دارند.

پژوهش حاضـــر نشـــان داد زیتون‌های آبیاری شـــده با فاضلاب تصفیه شده شهری افزایش تاج گستر را به صورت معنی دار به دنبال دارد که با تحقیق آقابراتی و همکاران (Aghabarati et al., 2008) روی زیتون مطابق اســـت. ممکن است این موضوع که در فاضلاب مقادیر قابل توجهی از فســـفر، ازت و پتاس وجود دارد که باعث حاصـــلخیزی بســـترکشـــت می‌شـــود و به راحتی در دســـترس گیاه قرار می‌گیرد، بر شرایط رشدی گیاهان آبیاری شده با فاضلاب اثرگذار باشد ).

نتایج پژوهش حاضـــر نشـــان داد که آبیاری با فاضـــلاب تصفیه شده شهری افزایش تاج گستر به صورت معنی‌دار را به دنبال دارد، نتایج به دست آمده با کارپیسکاک و همکاران (Karpiscak et al., 1996) روی اکـالیپتوس مطـابقـت داشـــت، آنها عنوان کردند که آبیاری درختان اکالیپتوس با فاضـــلاب شـــهری بر رشـــد این درختان تاثیر چشـــمگیری داشـــته‌اســـت. احتمال می‌رود به دلیل وجود عناصـر ماکرو و میکرو در فاضلاب که از طریق آبیاری با این نوع آب در طول دوره رشد گیاه در اختیار آن قرار می‌گیرد و با توجه به اینکه اکالیپتوس دارای ســیســـتم ریشـــه‌ای توســعه یافته اســت و



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

می‌تواند آب و مواد غذایی را به آسانی جذب کند و در نتیجه رشد خوبی داشته‌باشد (karpiscak et al., 1996). تجزیه واریانس ارتفاع بوته در گیاهان مورد بررسی توسط دلنواز در سال۱۳۹۶ از نظر آماری، نشان می‌دهد آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته‌های مورد مطالعه داشت. نتایج پژوهش حاضر مشخص کرد که تأثیر هر سه نوع تیمار برگستردگی تاج درخت اکالیپتوس تاثیر معنی دار ندارد.

تحقیق حاضر مشخص کرد که آبیاری درختان کاج با فاضلاب شهری افزایش تاج گستر این گیاه را به دنبال دارد (گرچه این افزایش در مقایسه با تیمار پساب صنعتی معنی دار نبود)،که با نتایج به دست آمده از صالحی و همکاران در سال ۱۳۸۷ روی کاج مطابقت داشت. این پژوهش نشان داد که افزایش تاج گستر درختان کاج آبیاری شده با پساب صنعتی بیشتر از تیمار استفادهٔ مخلوط از دو تیمار بوده است که با نتایج تحقیق صالحی و همکاران (۱۳۸۷)، ملی و همکاران (Meli et al., 2002) و پائولا و همکاران (Paula et al., 2006) مطابق نبود آنها بیان کردند آبیاری درختان کاج با فاضلاب شهری به دلیل بالابودن غلظت عناصر غذایی موجود در آب و خاک آنها موجب افزایش قطر تنه این گیاه در مقایسه با انواع دیگر آبیاری می‌شود. احتمال می‌رود علت تفاوت نتایج در نوع تصفیه پساب صنعتی و مواد شمیایی حاصل از تولید این واحد صنعتی باشد. سنجد تلخ تیمارشده با فاضلاب تصفیه شده شهری در مقایسه با سایر تیمارها افزایش تاج گستر را در پی دارد که با نتایج تحقیق صالحی در سال۱۳۸۶ روی کاج در شرایط مشابه این تحقیق مطابقت داشت. احتمال می‌رود در دسترس بودن مواد مغذی که از طریق آبیاری با فاضلاب شهری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و با توجه به تاثیر تغذیه بر فرایند فیزیولوژیک و افزایش رشد و برگدهی گیاه، تاج پوشش گیاه گسترده شود.

بررسی‌های متعدد انجام شده توسط محققین، بر روی گونه‌های گیاهی مشخص کرد که که تاج پوشش گونه‌های آبیاری شده با فاضلاب بیشتر از گونه‌های آبیاری شده با سایر منابع آبی می‌باشد که با نتایج این مطالعه بر گیاهان انار، زیتون، سنجدتلخ، کاج و ابریشم مصری مطابقت دارد و تنها در مورد گیاه اکالیپتوس صدق نکرده است. نتایج نشان داد که آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری افزایش تاج‌گستر را در گیاهان سنجد تلخ و ابریشم مصری به دنبال دارد که جستجوها مشخص کرد تا کنون تحقیقی در این‌باره انجام نشده است.

پژوهش حاضر نشان داد که که مقدار پروتئین درختان انار آبیاری شده با پساب صنعتی در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار است که با نتایج بخشی در سال ۱۳۹۶ و آلوز (Alves et al., 2014) در این زمینه مطابقت دارد. ممکن است علت مقدار بیشتر پروتئین در درختان تیمار شده با پساب وجود مس باشد زیرا مس در متابولیسم کربوهیدراتها و پروتئین نقش دارد. نتایج نشان داد که میزان پروتئین زیتون‌های آبیاری شده با پساب صنعتی بیشتر و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار دارند که با معتمدی و همکاران در سال ۱۳۹۸ و بنی اسدی و همکارن در سال ۱۳۹۴ مطابقت دارد. پروتئین از عناصری است که برای سنجش کیفیت گیاه استفاده می‌شود، پروتئین‌ها تقریبا درهمه فرآیندهای بیولوژیکی به‌کار می‌روند مقدار پروتئین کل در برگ‌های گیاه با افزایش غلظت روی، زیاد می‌شود حال با توجه به اینکه در زیتون‌های آبیاری شده با پساب صنعتی مقدار عنصر روی بیشتر از سایر تیمارها بود می‌توان گفت در افزایش میزان پروتئین هم تاثیرگذار بوده‌است.

در مورد آنزیم کاتالاز نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار آنزیم کاتالاز درختان انار آبیاری شده با پساب صنعتی در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار است که با نتایج قضاوی و همکاران در سال ۱۳۹۵ و غلام نژاد و همکاران (Gholamnezhad et al., 2019) در این زمینه مطابقت دارد. نتایج نشان داد که میزان آنزیم کاتالاز زیتون‌های آبیاری شده با پساب صنعتی بیشتر و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار دارند که با معتمدی در سال ۱۳۹۸ و مونتیل و همکاران (Montiel et al., 2003) مطابقت دارد. فلزاتی از قبیل سرب موجب افزایش تولید گونه های مضر اکسیژن مانند هیدروژن پراکسید می‌شوند (Ceulemans et al., 2013). گیاه برای مقابله با تنش‌هایی که به دنبال افزایش این گونه‌های اکسیژن ایجاد می‌شود



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

فعالیت آنزیم کاتالاز را بالا می‌برد زیرا آنزیم کاتالاز به‌طور منحصر به فردی تبدیل رادیکال پراکسیدهیدروژن به آب و اکسیژن را انجام می‌دهد (Heynen et al., 2016; Ansari et al., 2015). با توجه به توضیحات ارائه شده و نتایج آنالیز که مشخص کرد مقدار عنصر سرب در گیاهان آبیاری شده با پساب صنعتی بیشتر است، به نظر می‌رسد علت افزایش آنزیم کاتالاز در گیاهان تیمار شده با پساب صنعتی نیز بیشتر بودن مقدار سرب در گیاهان باشد (Gheysari and Nikbakht, 2009؛ Gholamnezhad et al., 2010).

میزان آنزیم پراکسیداز درختان انار آبیاری شده با پساب صنعتی در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار است که با نتایج میررحیمی و همکاران (۱۳۸۵) مطابق است. نتایج نشان داد زیتون‌های آبیاری شده با پساب صنعتی افزایش مقدار پراکسیداز را به صورت معنی دار به دنبال دارد که با نتایج علیجانی و همکاران (۱۳۹۰)، روی زیتون مطابق است. جعفری و مومنی (۱۴۰۰) عنوان کردند در شرایطی که مقدار عناصر مس و سرب زیاد باشد افزایش کاملاً معنی دار فعالیت آنزیم پراکسیداز مشهود است. بالا بودن مقادیر سرب و مس باتوجه به نتایج ارائه شده در گیاهان آبیاری شده با پساب صنعتی نسبت به دو تیمار دیگر دیده می‌شود، سرب و مس برای گیاه شرایط تنش زایی ایجا می‌کنند و در نتیجه گیاه برای مقابله با این شرایط میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز را افزایش می‌دهد.

به طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که در مورد انار، زیتون، سنجد تلخ و ابریشم مصری آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری موجب افزاش تاج‌گستر و سایه اندازی این گیاهان شد. فاضلاب دارای میزان موثری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است که به‌صورت بالقوه آلودگی آب‌های سطحی را به دنبال دارد ولی اگر گیاهان با فاضلاب آبیاری شوند می‌توانند از این عناصر همانند کود محلول استفاده کنند و در نهایت شرایط رشدی خوبی داشته باشند (Gholamnezhad, 2016).

درختان انار و زیتون آبیاری شده با پساب صنعتی دارای بیشترین مقدار پروتئین،کاتالاز و پراکسیداز بودند که با دونوع تیمار آبی دیگر دارای اختلاف معنی‌دار بود.

در درختان سنجد تلخ مقدار پروتئین در دو تیمار آبی پساب صنعتی و مخلوط دارای عدم تفاوت معنی داری بودند، اما مقدار کاتالاز درختان آبیاری شده با آب مخلوط بیشتر از سایر تیمارها بود، همچنین سنجدهای تلخ تیمار شده با پساب صنعتی دارای مقدار بیشتری آنزیم پراکسیداز بوده که با سایر تیمارها تفاوت معنی دار دا شتند.درختان اکالیپتوس تیمار شده با پساب صنعتی و آب مخلوط بیشترین مقادیر پروتئین و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را داشتند که با تیمار دیگر در تفاوت معنی دار بود. نتایج عدم تفاوت معنی داری پروتئین را در درختان کاج و ابریشم مصری در هر سه نوع تیمار نشان داد. مقدار آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز درختان ابریشم مصری تیمار شده با پساب صنعتی دارای تفاوت معنی دار با سایر تیمارها بود. در درختان کاج، بیشترین مقادیر آنزیمهای کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب مربوط به تیمارهای آبی مخلوط، پساب صنعتی و مخلوط می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که بیشترین تاثیر بر خصوصیات مورفولوژیکی مربوط به تیمار گونه های گیاهی با فاضلاب تصفیه شده شهری است و بیشترین تاثیر بر صفات فیزیولوژیکی با تیمار پساب صنعتی می‌باشد.

## نتیجه گیری کاربردی

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شهری به‌عنوان منبع آبی در فضای سبز صنعتی، به‌ویژه برای گونه‌های انار، زیتون، سنجد تلخ و ابریشم مصری، موجب افزایش معنادار رشد تاج‌پوشش می‌شود که نشان‌دهنده سازگاری بالای این گیاهان با این منبع آبی است. این اثر مثبت عمدتاً ناشی از وجود مواد مغذی ضروری مانند نیتروژن و فسفر در فاضلاب شهری است که نیاز به کوددهی را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، اگرچه پساب صنعتی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز و پراکسیداز) و سطح پروتئین در برخی گونه‌ها مانند انار و زیتون شد، اما اثر منفی بر رشد تاج‌پوشش داشت که احتمالاً به دلیل وجود



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

فلزات سنگین و ترکیبات تنش‌زاست. این یافته‌ها اهمیت مدیریت تفکیک‌شده منابع آبی را بر اساس اهداف کشت (رشد رویشی یا مقاومت به تنش) نشان می‌دهد. برای دستیابی به نتایج بهینه، پیشنهاد می‌شود از روش تلفیقی (ترکیب فاضلاب شهری و پساب صنعتی با نسبت‌های کنترل‌شده) همراه با پایش مستمر کیفیت خاک و گیاه استفاده شود. این راهکار نه‌تنها بحران کم‌آبی در مناطق خشک مانند اردکان را کاهش می‌دهد، بلکه به توسعه فضای سبز پایدار با کمترین هزینه کمک می‌کند. برای اجرای گسترده‌تر، مطالعات بلندمدت درباره تجمع فلزات سنگین و اثرات اکولوژیک این روش‌ها ضروری است.

## منابع


احمدپور، ع.، فرهادی بانسوله، ب.، قبادی، م. ۱۳۹۶. بررسی اثرات کم آبیاری بر روند رشد و خصوصیات کمی و کیفی ذرت دانه ای در کرمانشاه .حفاظت منابع آب و خاک، ۶(۳): ۹۹-۱۱۲.

امیدوار، ک.، زارع، م.، ابراهیمی، ر. ۱۳۹۵. تاثیر خشکسالیهای اخیر بر منابع آبهای زیرزمینی دشت یزد-اردکان .نشریه آبیاری و زهکشی ایران،۵(۱۰): ۶۲۲-۶۳۵.

بنی اسدی، ف.، صفاری، و.ر.، مقصودی مود، ع.ا. ۱۳۹۴. اثر پوترسین بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی گیاه همیشه بهار (Calendula officinalis L.) تحت تنش شوری .تنش های محیطی در علوم زراعی.

بخشی، ح.، نعیمی، ل.، جاوید، ا.م.، میرباقری، س. ۱۳۹۶. بررسی تأثیراستفاده مجددازپساب تصفیه خانه فاضلاب درفضای سبزشهری به منظورتوسعه پایدار .نشریه توسعه و محیط زیست :۳۸-۴۶.

حسینیان، م. ۱۳۶۰. روش علمی تصفیه فاضلاب. انتشارات حسینیان، ۴۳۸ ص.

دلنواز، م. ۱۳۹۶. استفاده از مدلهای ریاضی تعیین ضرایب سینتیکی رشد میکروارگانیسم ها جهت ارزیابی کارایی تصفیه خانه های فاضلاب .مجله مهندسی بهداشت محیط، ۳(۴) :۲۵۷-۲۶۹.

جعفری، ف.، مومنی، س. ع. ض.،۱۴۰۰. بررسی استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه فاضلاب صنعتی برای مصارف آبیاری (مطالعه موردی: تصفیه خانه شهرک صنعتی مورچه خورت)، اولین همایش ملی مدیریت کیفیت آب و سومین همایش ملی مدیریت مصرف آب، تهران.

صالحی آزاده، ط.، تبری کوچکسرایی، م.، محمدی جهانگرد، ع.، عرب، ع. ۱۳۸۷. اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر خاک و رشد درختان کاج تهران .تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۲ :۱۸۶-۱۹۶.

عابدی کوپایی، م.، باقری، م. ۱۳۸۰. اثرات زیست محیطی آبیاری با پساب بر منابع آب زیرزمینی .مجموعه مقالات همایش اثرات زیست محیطی پسابهای کشاورزی بر آبهای سطحی و زیرزمینی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره انتشار ۵۳: ۱-۱۰.

علیجانی، آ.، استکی اورگانی، خ.، جعفرزاده کنارسری، م. ۱۳۹۰. اثر کاربرد میکروارگانیسم های حل کننده های فسفات و گوگرد و محلولپاشی با عنصر روی (Zn) بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا .یافته های نوین کشاورزی، ۳(۱۹): ۲۹۱-۳۰۰.

قضاوی، ر.، ارست، م. ۱۳۹۵. ارزیابی اثر آبیاری با پساب شهری بر تجمع برخی عناصر شیمیایی در گیاه و خصوصیات اکولوژیکی گیاه اکالیپتوس Eucalyptus camadulensis Dehnh.حفاظت زیست بوم گیاهان، ۴(۸) :۱۳-۲۹.

معتمدی، م.، بهبهانی نیا، آ.، فرساد، ف. ۱۳۹۸. رویکرد تطبیقی آلودگی فلزهای سنگین در آب و رسوب های رودخانه ها (مطالعه موردی: رودخانه شاهرود) .علوم محیطی، ۱۷(۱) :۱۵۵-۱۷۴.

میررحیمی، د. ۱۳۸۵ .مجموعه مقالات همایش آموزش و پژوهش فضای سبز شهر تهران، جلد اول، ص ۵۸-۶۱.

نوری، م.، فلاح پور، م.، برزگری، ف. ۱۳۹۹. بررسی عوامل ایجاد بحران آب در استان یزد و ارائه راهکارجهت کاهش بحران (مطالعه موردی دشت یزد- اردکان) .دهمین همایش سراسری محیط زیست انرژی و منابع طبیعی.

Aghabarati, A., Hosseini, S.M., Esmaili, A., Maralian, H. 2008. Investigation of Heavy




[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

cooperation: the case of Namwala District, Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35: 758–764.

Gheysari, M., Nikbakht, A. 2009. Subsurface irrigation system. State Organization for Registration of Deeds and Industrial Property. Patent Number: 6698.

Gholamnejad, J., Etebarian, H.R., Sahebani, N. 2010. Biological control of apple blue mold with Candida membranifaciens and Rhodotorula mucilaginosa. *African Journal of Food Science*, 4: 1-7.

Gholamnezhad, J. 2016. Transcriptomics and useful techniques of defense gene expression evaluation of plant. *Applied Biology*, 6(4): 21-42.

Gholamnezhad, J. 2017. Plants defense mechanisms against pathogens. *Plant Pathology Science*, 6(2): 24-32.

Gholamnezhad, J. 2019. Effect of plant extracts on activity of some defense enzymes of apple fruit in interaction with Botrytis cinerea. *Journal of Integrative Agriculture*, 17: 1-10.

Gong, Y., Toivonen, M.A., Lau, O.L., Wiersma, A. 2001. Antioxidant system level in Braeburn apple is related to its browing disorder. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 42: 259-264.

Gurbanli, M.L., Sati, A., Moqise, E. 2003. The effect of different amounts of salinity on the activity of catalase, peroxidase and nitrate reductase enzymes in the roots and leaves of rapeseed cultivars (Brassica napus L). *Research and Construction in Agriculture and Horticulture*, 16(1): 39-43.

Heynen, N. 2016. Urban political ecology. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*: 1-9.

Jahandideh Mahjen Abadi, V.A., Sepehri, M., Rahmani Iranshahi, D. 2014. Effect of Piriformospora indica fungus inoculation on Metals Accumulation in Soil, Leave and Fruit of Olive (Olea europaea L.) Irrigated with Municipal Effluent. *Journal of Environmental Studies*, 34(47): 1025-8620.

Al-Nakshabandi, G.A., Saqqar, M.M., Shatanawi, M.R., Fayyad, M., Al-Horani, H. 2021. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. *Journal of Environmental Management*, 280: 111-123.

Alves Filho, E.G., Alexandre e Silva, L.M., Ferreira, A.G. 2014. Advancements in waste water characterization through NMR spectroscopy.

Ansari, M.F., Tipre, D.R., Dave, S.R. 2015. Efficiency evaluation of commercial liquid bio-fertilizers for growth of Cicer aeritinum (chick pea) input and field study. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 4(1): 17-24.

Bahati, M., Singh, G. 2003. Growth and mineral accumulation in Eucalyptus camaldulensis seedlings irrigated with mixed industrial effluents. *Bioresource Technology*, 88: 221-228.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilization the principle of protein–dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.

Ceulemans, T., Merckx, R., Hens, R. 2013. Plant species loss from European semi-natural grasslands following nutrient enrichment – Is it nitrogen or is it phosphorus? *Global Ecology and Biogeography*, 22(1): 32-42.

Devkota, K., Raj Neupane, K., Khatri, D.B. 2019. Water conflicts in urbanizing regions in the Himalaya: Case studies from Dhulikhel and Bidur in Nepal. *Journal of Social Science and Public Policy*, 5(1): 1-25.

Funder, M., Mweemba, C., Nyambe, I., van Koppen, B., Ravnborg, H.M. 2010. Understanding local water conflict and



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]

source. *Agricultural Water Management*, 230: 105-117.

Reuveni, R. 1995. Biochemical marker of disease resistance. In: Singh, R.P., Singh, U.S. (Ed.) *Molecular Methods in Plant Pathology*: 99-114.

Saida, B., Giuseppe, F., Béchir Ben, R., Makki, B. 2010. Effects of irrigation with treated wastewater on olive tree growth, yield and leaf mineral elements at short term. *Scientia Horticulturae*, 126: 345-350.

Segal, E., Arnon, D., Ben-Gal, A., Isaac, Z., Ran, E., Shoshana, S., Uri, Y. 2011. Olive orchard irrigation with reclaimed wastewater: Agronomic and environmental considerations. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 140: 454-461.

Singh, G., Bahati, M. 2005. Growth of Dalbergia sissoo in desert regions of western India using municipal effluent and plant chemistry. *Bioresource Technology*, 96: 1019-1028.

uptake and transportation of some nutrients in two wheat cultivars. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 4(3): 155-173.

Karpiscak, M.M., Gottfried, G.J. 1996. Tree Production in the Sonoran Desert Using Effluent and Water Harvesting. *Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest*, 5: 37-45.

Khan, S., Naushad, M., Govarthanan, M., Iqbal, J., Alfadul, S.M. 2022. Emerging contaminants of high concern for the environment: Current trends and future research. *Science of the Total Environment*, 807: 150-165.

Kovacs, E., Kumar, C., Agarwal, C., Adams, W., Hope, R.A., Vira, B. 2016. The politics of negotiation and implementation: a reciprocal water access agreement in the Himalayan foothills, India.

Meli, S., Porto, M., Belligno, A., Bufo, S.A., Mazzatura, A., Scopa, A. 2002. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Science of the Total Environment*, 285: 69–77.

Montiel, M.L., Tyagi, R.D., Valero, G.R., Surampalli, R.Y. 2003. Production of biopesticides using wastewater sludge as a raw material - Effect of process parameters. *Water Science & Technology*, 48(8): 239-246.

Paula, M., Teodoro, M., Murillo, M. 2006. Biomonitoring of trace elements in the leaves and fruits of Wild olive and holm oak trees. *Science of the Total Environment*, 355: 187-203.

Qadir, M., Drechsel, P., Cisneros, B.J., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P., Olaniyan, O. 2020. Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy



[ Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-20 ]