



## اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد کاج الدار (*pinus eldarica Medw*)

### در جنگلکاری های کارخانه ذوب آهن اصفهان

حجت نریمانی<sup>۱\*</sup>، محمد حسین ایران نژاد پاریزی<sup>۲</sup>، بهمن کیانی<sup>۳</sup>، رسول قربعلی<sup>۲</sup>

Hojatnarimani21167@yahoo.com

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشگاه یزد

Iranpariz@gmail.com

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد

Bn kiani@hotmail.com

۳. سرپرست تحقیقات ایمنی، بهداشت و محیط زیست کارخانه ذوب آهن اصفهان

Ghorbali1353@yahoo.com

\*: مسؤل مکاتبات: تلفن: ۰۹۱۳۸۶۴۲۰۲۳

#### چکیده

بحران آب یکی از مسائل اساسی مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران است. این وضعیت در سال‌های اخیر به دلیل وقوع پدیده خشکسالی حادث شده است. بنابراین استفاده از آب‌های نامتعارف (پساب)، در جایی که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، رو به افزایش است. یکی از این منابع، پساب‌های تصفیه شده است که علاوه بر تأمین آب می‌تواند بخشی از نیاز غذایی گیاه را نیز تأمین نماید. پژوهش حاضر جهت ارزیابی اثر آبیاری با فاضلاب اماکن موجود در سایت ذوب آهن اصفهان بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و رشد گونه کاج الدار کشت شده در جنگلکاری‌های این منطقه به انجام رسید. جهت انجام پژوهش حاضر، دو عرصه جنگلکاری که به مدت ۱۵ سال با دو نوع آب چاه و فاضلاب شهری آبیاری شده بودند مورد انتخاب قرار گرفتند. پس از جنگل‌گردشی و تعیین دقیق مشخصات جغرافیایی و توپوگرافی قطعات، یک قطعه از قطعات آبیاری شده با آب چاه و یک قطعه از قطعات تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه شده به صورت تصادفی انتخاب و در هر یک از آنها ترانسکتی به طول ۱۰۰ متر پیاده شد. در ترانسکت‌های مذکور ارتفاع، قطر برابر سینه و قطر تاج درختان اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه‌های خاک از عمق‌های ۰ - ۲۵ و ۲۵ - ۵۰ سانتیمتری جهت آنالیز خاک برداشت شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری با فاضلاب اماکن سبب افزایش معنی‌دار رشد درختان کاج الدار می‌شود. این در حالی است که آبیاری با پساب تأثیر معنی‌داری در ویژگی‌های شیمیایی خاک نداشت. با توجه به مشکل تأمین آب در مناطق خشک، استفاده از پساب با تصفیه جزئی می‌تواند نقش قابل توجهی در افزایش رشد گیاهان، کاهش هزینه‌های آبیاری و کمک به احیاء بیولوژیک این مناطق داشته باشد.



کلمات کلیدی: آبیاری، پساب فاضلاب، جنگلکاری، کاج الدار، کارخانه ذوب آهن اصفهان

## مقدمه

آب از ضروری ترین عوامل توسعه جوامع انسانی بوده و ایران از جمله کشورهایی است که تامین آب برای مصارف مختلف از دغدغه های مهم دولتمردان در راستای توسعه پایدار محسوب می شود. تا کنون حجم قابل توجهی از منابع آبی کشور به دلیل کیفیت پایین، مورد استفاده قرار نگرفته و پادراستفاده از آنها ضوابط و معیارهای زیست محیطی لحاظ نگردیده است. اما باور این است که بخشی از این منابع که مشکلات کیفی کم تری داشته یا مشکلات آنها با اتخاذ روش های کاربردی مناسب قابل اغماض می باشد، باید با در نظر گیری مسایل زیست محیطی در برنامه های توسعه و بهره وری منابع آب گنجانده شوند. مطابق اصل پنجاهم قانون اساسی، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی شده و فعالیت هایی که با آلودگی و تخریب محیط زیست ملازمه پیدا کند، ممنوع می باشد. بنابراین اگر تخلیه فاضلاب و پساب ها به محیط به عنوان یک منبع آلاینده فرض شود، برنامه ریزی بهره برداری از آنها یکی از موضوع های مرتبط با اصل پنجاهم قانون اساسی به شمار می آید. در این راستا با توجه به حجم قابل توجه پساب های شهری، صنعتی و آب های برگشتی، برنامه ریزی جهت استفاده از این منابع با لحاظ کردن جنبه های زیست محیطی به عنوان راهکاری مناسب جهت جبران بخشی از این کمبودها و هم چنین کاهش آلودگی ها مورد توجه می باشد (۱ و ۱۲ و ۱۴).

طرح های استفاده از فاضلاب و پساب در مقیاس وسیع جهت استقرار فضای سبز در کشورهای صنعتی و در حال توسعه در حال اجرا است (۱۷). یکی از راه های بسیار مهم جهت مبارزه با بیابانزایی، افزایش پوشش گیاهی می باشد. لذا انتخاب صحیح گونه های گیاهی سازگار و مقاوم با شرایط اکوسیستم بیابانی در راستای احیا و ایجاد پوشش گیاهی مناسب از یک طرف و تأمین منابع آب ارزان قیمت جهت استقرار آنها از طرف دیگر، امری ضروری است (۹).

در واقع ایجاد فضای سبز و به ویژه احداث کمربند سبز جنگلی می تواند نقش مؤثری در تلطیف هوا داشته باشد و از آنجایی که کمبود آب عامل محدود کننده توسعه فضای سبز است؛ بنابراین فاضلاب شهری میتواند برای توسعه جنگلکاریها و ایجاد کمربند جنگلی مفید باشد (۲). امروزه تحقیقات محلی در زمینه استفاده از انواع آبهای غیرمتمعارف از جمله فاضلاب در آبیاری اراضی از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد و تحقیقات وسیعی در این زمینه در مناطق مختلف انجام شده است. به دلیل وجود تفاوتها در



شرایط اقلیمی، گیاهی، اجتماعی، فرهنگی، کیفیت خاک و متغیر بودن خصوصیات فاضلاب از منطقه ای به منطقه دیگر و حتی در طول زمان در یک محل (۱۵) تنها تکیه کردن بر به کارگیری دستورالعمل های ارائه شده در دیگر مناطق جهان اشتباه بوده و در درازمدت صدمات جبران ناپذیری بر منابع خاکی و آبی وارد می سازد (۴).

کاج الدار با نام علمی *Pinus elderica* Medw از خانواده Pinaceae گیاهی است که از نظر سرعت رشد و تولید چوب صنعتی، با اهمیت هستند و سهم زیادی از جنگلکاری های بزرگ دنیا را به خود اختصاص داده است. ارتفاع رویشگاههای این کاج در قسمتهای زیادی از ایران به مراتب بیشتر از ارتفاع رویشگاههای زادگاه این گونه می باشد. ریشه های آن عمیق است که درخت را در مناطق بادخیز در جای خود استوار نگه می دارد و بهره برداری از رطوبت ژرف خاک را در مناطق برای درخت امکان پذیر می سازد. این سازگاری ناشی از آن است که هم رویشگاههای ایران در مدارهای پایین تر از ۴۱ درجه شمالی واقع اند و هم توان فوق العاده این درخت به تحمل سرمای شدید، رویش و بالندگی آن را در ارتفاعات بیشتر امکان پذیر ساخته است. با توجه به بحران کم آبی در ایران، این خصوصیات ویژه این گونه را به یکی از بهترین و سازگارترین گونه ها در امر جنگلکاری ها در سطح کشور تبدیل کرده است (۳ و ۴).

بنابراین با توجه به نقش پساب در کاهش میزان آب آبیاری و با هدف بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده، اثر پساب مذکور بر گیاه کاج الدار مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روشها

### الف) منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حاشیه جاده زرین شهر- شهرکرد واقع می باشد و انواع گونه های درختی از جمله کاج الدار، سرو نقره ای، افاقیا، ارغوان و ... در این منطقه جنگلکاری شده است. مطالعه حاضر در دو قطعه از قطعات جنگلکاری شده با گونه کاج الدار انجام گرفت. قطعه اول (آب چاه) در محدوده ۲۱° ۵۱' طول جغرافیایی شرقی و ۲۵° ۳۲' عرض جغرافیایی شمالی و قطعه دوم در محدوده ۲۲° طول جغرافیایی شرقی و ۲۴° ۳۲' عرض جغرافیایی شمالی قرار دارد. این منطقه بین سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۶ (زمستان ۷۵ تا بهار ۷۶) به جنگلکاری گونه کاج الدار با هدف ایجاد فضای سبز در اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان و همچنین کاهش آلودگی های صنعتی آن منطقه اختصاص یافته است.

جدول (۱) جزئیات قطعات انتخابی در دو منطقه جنگلکاری شده با گونه کاج الدار



| منطقه      | فاز | قطعه | ارتفاع از سطح دریا | مساحت قطعه (m <sup>2</sup> ) | کاشت                 |
|------------|-----|------|--------------------|------------------------------|----------------------|
| آب چاه     | ۱   | ۱۳   | ۱۷۴۶               | ۱۹۵۰۰                        | زمستان ۷۵ تا بهار ۷۶ |
| پساب اماکن | ۱   | ۳    | ۱۷۴۵               | ۶۷۵۰۰                        | زمستان ۷۵ تا بهار ۷۶ |

### ب) روش نمونه برداری

منطقه مورد مطالعه به صورت قطعه بندی با انواع مختلف گونه های کشت شده می باشد. با توجه به این که گونه مورد بررسی در این تحقیق گونه کاج الدار می باشد و این گونه نیز دارای تعداد قطعات زیاد در سنین و نوع آبیاری مختلف بود در نتیجه پس از تعیین دقیق مشخصات جغرافیایی و توپوگرافی قطعه اول (آبیاری با آب چاه) و قطعه دوم (آبیاری با پساب) در کاج های ۱۵ تا ۱۷ ساله، به صورت تصادفی یک قطعه در هر رژیم آبیاری انتخاب و در هر یک ترانسکتی با طول ۱۰۰ متر پیاده شد. در ترانسکت های مذکور ارتفاع، قطر برابر سینه و مساحت تاج درختان اندازه گیری شد. نمونه های خاک از دو عمق ۰ تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتیمتری و پس از کنار زدن لایه لاشبریگی به صورت ترکیبی برداشت شد. نمونه ها در داخل کیسه های پلاستیکی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد (۲۲و ۲۴). در کل تعداد ۱۰ پروفیل خاک در قطعات مورد نظر اجرا شد که تعداد ۴ عدد آن ها در قطعه اول ( آب چاه) و تعداد ۶ عدد از پروفیل ها در قطعه با آبیاری پساب اماکن بود.

### ج) بررسی آزمایشگاهی

نمونه های خاک در هوای آزاد خشک و بعد از خرد نمودن کلوخه ها و جدا کردن ریشه ها، سنگ و سایر ناخالصی ها، آسیاب و از الک ۲ میلیمتری (مش ۲۰) عبور داده شد. بافت خاک با استفاده از روش هیدرو متری بایکاس که بر مبنای تئوری تغییرات وزن مخصوص (وزن در واحد حجم) مخلوط خاک و آب طی رسوب گذاری پایه گذاری شده است، تعیین گردید (۷). اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری از طریق دستگاه pH متر الکترونیکی، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و با استفاده از دستگاه EC متر الکترونیکی و تعیین ازت کل خاک با دستگاه کج‌لدال انجام شد. ماده آلی و کربن آلی با استفاده از روش سرد و بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکربنات پتاسیم (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) در محیط کاملاً اسیدی (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) اندازه گیری شد. درصد نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال (۸)، غلظت فسفر قابل جذب خاک با استفاده از روش اولسون اندازه گیری شد. برای اندازه گیری کلسیم و منیزیم از روش تیتراسیون و پتاسیم و سدیم خاک نیز به روش فیلم فتومتری مورد محاسبه قرار گرفت.

### د) محاسبات

برای آنالیز خصوصیات کمی اندازه گیری شده از درختان مانند قطر برابر سینه، ارتفاع، حجم و سطح تاج، ابتدا نرمال بودن داده ها با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف یک نمونه ای مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین دو گروه (آب چاه و آب فاضلاب)

نیز از آزمون t مستقل استفاده شد. برای مقایسه کلی مشخصه‌های مورد بررسی توده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد. نمودارها نیز با نرم افزار Excel رسم شدند.

### نتایج و بحث

در جدول ذیل تعدادی از مهمترین پارامترهای مورد اندازه گیری در دو عمق مختلف خاک ذکر شده اند.

جدول (۲) نتایج اندازه گیری پارامترهای خاک بعد از شروع آزمایش

| پروفیل | نوع آب     | عمق (cm) | N (Meq L <sup>-1</sup> ) | P (Mg kg <sup>-1</sup> ) | Ca+Mg (Meq L <sup>-1</sup> ) | Na (Meq L <sup>-1</sup> ) | K (Meq L <sup>-1</sup> ) | PH عصاره | EC (μs) | Sp %  | OC % |
|--------|------------|----------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------|---------|-------|------|
| ۱      | چاه        | ۰-۲۵     | .۱۲۲                     | ۳.۸۶                     | ۱۰                           | ۴۴.۲۸                     | ۴.۵۲                     | ۷.۸۷     | ۸۷۶     | ۳۷.۷  | .۸۲  |
| ۲      | چاه        | ۲۵-۵۰    | .۰۳۲                     | .۶۱                      | ۲۰                           | ۵۰۰                       | ۸.۳۳                     | ۷.۸۳     | ۲۰۴۰    | ۵۳.۳۷ | .۲۲  |
| ۳      | چاه        | ۰-۲۵     | .۱۸۴                     | ۲۳.۶۶                    | ۸                            | ۱۰۲.۹۴                    | ۴.۰۴                     | ۷.۸۴     | ۸۹۴     | ۳۶.۴۵ | ۱.۲۵ |
| ۴      | چاه        | ۲۵-۵۰    | .۱۸۴                     | ۱۸.۴                     | ۸                            | ۶۵.۹                      | ۴.۷۶                     | ۷.۷      | ۷۸۵     | ۴۲.۵۱ | ۱.۲۵ |
| ۵      | پساب اماکن | ۰-۲۵     | .۱۸۴                     | ۱۷.۶                     | ۳۶                           | ۵۴۱.۶۶                    | ۱۱.۷۸                    | ۷.۷۸     | ۳۲۶۰    | ۳۲.۴۶ | ۱.۲۵ |
| ۶      | پساب اماکن | ۲۵-۵۰    | .۱۵۹                     | ۱.۴۲                     | ۱۴                           | ۳۸۸.۸۸                    | ۷.۶۶                     | ۷.۹۶     | ۱۶۳۲    | ۴۳.۰۴ | ۱.۰۸ |
| ۷      | پساب اماکن | ۰-۲۵     | .۲۲۳                     | ۶.۶۱                     | ۴                            | ۱۲۶.۴۷                    | ۴.۰۴                     | ۸.۳۶     | ۵۹۷     | ۲۹.۳۲ | ۱.۵۱ |
| ۸      | پساب اماکن | ۲۵-۵۰    | .۱۱۲                     | ۷                        | ۸                            | ۴۴۴.۴۴                    | ۵                        | ۸.۱۹     | ۱۴۵۳    | ۶۵.۸۳ | .۸۲  |
| ۹      | پساب اماکن | ۰-۲۵     | .۱۸۴                     | ۴.۵۷                     | ۱۵                           | ۱۴.۱۶                     | ۱۲.۸۵                    | ۸.۰۷     | ۲۷۸۰    | ۵۴.۹۶ | ۱.۲۵ |
| ۱۰     | پساب اماکن | ۲۵-۵۰    | .۱۸۴                     | .۴                       | ۱۵                           | ۱۴.۱۶                     | ۱۳.۲۱                    | ۷.۹۵     | ۳۰۷۰    | ۵۷.۴۸ | ۱.۲۵ |

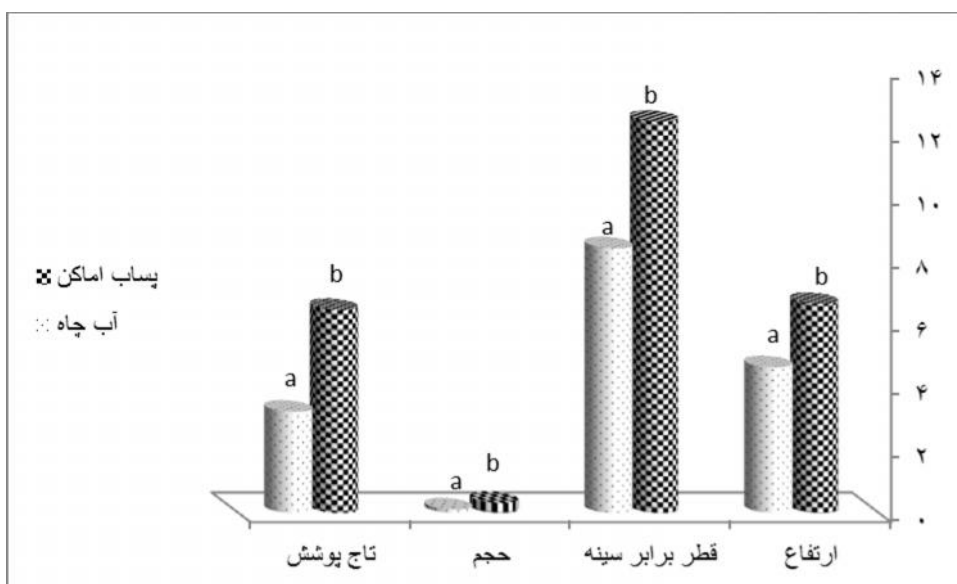
### مقایسه ی اثر دو نوع رژیم آبیاری بر صفات کمی درختان

نتایج تحقیق حاضر مبین این مطلب است که مشخصه های قطر برابر سینه، ارتفاع، مساحت تاج و حجم درختان کاج تهران به طور معنی داری در عرصه آبیاری شده با فاضلاب بیشتر از عرصه آبیاری شده با آب چاه است. به طور کلی استفاده از فاضلاب در امر آبیاری می تواند به عنوان منبعی سرشار از عناصر مغذی مورد نیاز گیاه باشد (۱۰ و ۱۲ و ۱۳ و ۲۰).

آبیاری با پساب باعث بهبود و افزایش بیشتر پارامترهای خاک نسبت به آبیاری با آب چاه شده است (جدول شماره ۴). جدول شماره ۴ نشان می دهد که هیچ یک از خصوصیات شیمیایی خاک هایی که با پساب اماکن آبیاری شده است معنی دار نشده است و به طور کلی آبیاری با این پساب تاثیر معنی داری در ویژگی های شیمیایی خاک نداشته است.

جدول (۳) اثر رژیم های آبیاری (آب چاه و پساب اماکن) بر صفات کمی مورد ارزیابی گونه کاج الدار

| مقایسه | T       | میانگین | گروه       | صفت            |
|--------|---------|---------|------------|----------------|
| a      | -۸.۰۷۳  | ۸.۳۶۵   | آب چاه     | قطر برابر سینه |
| b      | -۸.۰۷۳  | ۱۲.۳۵۵  | پساب اماکن |                |
| a      | -۱۱.۲۷۲ | ۴.۶۳۵   | آب چاه     | ارتفاع         |
| b      | -۱۱.۲۷۲ | ۶.۶۱۳   | پساب اماکن |                |
| a      | -۱۰.۵۷۵ | .۰۱۱    | آب چاه     | حجم            |
| b      | -۱۰.۵۷۵ | .۰۳۲    | پساب اماکن |                |
| a      | -۱۰.۰۸۷ | ۳.۲۰۹   | آب چاه     | مساحت تاج      |
| b      | -۱۰.۰۸۷ | ۶.۴۱۷   | پساب اماکن |                |



شکل (۱) میانگین صفات کمی مورد ارزیابی گونه کاج الدار تحت دو نوع رژیم آبیاری



زیاد بودن غلظت عناصر تغذیه ای در فاضلاب نسبت به آب چاه، سبب تجمع این عناصر در خاک می شود. در مطالعات دیگر مشخص شده است که افزایش عناصر تغذیه ای خاک در اثر آبیاری با فاضلاب و دسترسی راحت تر گیاه به غلظت زیاد عناصر مغذی ماکرو و میکرو فاضلاب، سبب افزایش میزان رشد درختان می شود (۲۳). در واقع می توان گفت که مقدار عناصر تغذیه ای در فاضلاب شهری بیشتر از نیاز گیاهان است، بنابراین درختان در این شرایط می توانند بیوماس گیاهی بیشتری را نسبت به درختان آبیاری شده با آب چاه تولید کنند (۲۱). در واقع آبیاری با فاضلاب سبب تسهیل برگردی و در نتیجه افزایش تعداد برگ (از طریق تأثیر بر جریان فیزیولوژیک) در گیاه و جذب بیشتر انرژی خورشید می شود و در نتیجه افزایش رشد گیاه اتفاق می افتد (۲۶). مواد آلی موجود در فاضلاب باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک برای رشد و تولید بیوماس بیشتر و افزایش بازدهی محصول گیاهان می شود (۱۹).

مونت و ایسوزا (۲۵)، در آزمایشی روی ذرت، سورگوم و آفتابگردان نشان دادند که مقدار عملکرد محصولات آبیاری شده با پساب بیشتر از آبیاری با آب شیرین همراه با کود است. هم چنین مطالعه ای که در هندوستان برای بررسی تأثیر کاربرد فاضلاب و پساب بر عملکرد چند محصول زراعی صورت گرفت، نشان داد که عملکرد گیاهان تحت آبیاری با انواع پساب و فاضلاب بیشتر از گیاهان تحت آبیاری با آب شیرین + کود می باشد. هم چنین اشاره شده که علاوه بر اضافه شدن عناصر غذایی خاک توسط آبیاری با پساب ها و فاضلاب ها، مواد آلی موجود در آنها نیز پس از ورود به وسیله میکروارگانیسم ها تجزیه شده و باعث افزایش هوموس خاک و در نهایت بهبود خواص فیزیکی - شیمیایی و حاصلخیزی خاک می شود (۱۷ و ۱۸).

### نتیجه گیری

با توجه به مطالب اشاره شده و اثرات مثبت فاضلاب بر رشد درختان سوزنی برگ کاج الدار می توان توصیه کرد که از فاضلاب عظیم ایجاد شده در سایت ذوب آهن اصفهان برای انجام پروژه های جنگلکاری و توسعه آن در حاشیه این مجموعه (البته بر پایه یک مدیریت صحیح، تطبیق خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حتی میکروبی آن با استانداردهای ارائه شده بین المللی) استفاده شود.

### تشکر و قدردانی



۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

| متغیر وابسته | منبع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | مقدار F | معنی داری          |
|--------------|------------|------------|----------------|---------|--------------------|
| فسفر         | آب         | ۱          | ۶۹.۱۰۱         | .۸۶۸    | .۳۸۸ <sup>ns</sup> |
|              | عمق        | ۱          | ۷۱.۳۹۵         | .۸۹۷    | .۳۸۰ <sup>ns</sup> |
|              | آب x عمق   | ۱          | ۳.۴۵۱          | .۰۴۳    | .۸۴۲ <sup>ns</sup> |
|              | خطا        | ۶          | ۷۹.۶۲۵         | ---     | ---                |
|              | آب         | ۱          | .۰۰۵           | ۱.۶۱۲   | .۲۵۱ <sup>ns</sup> |

انجام این تحقیق بدون یاری و مساعدت اساتید محترم گروه جنگلداری دانشگاه یزد جناب آقای دکتر بهمن کیانی و جناب آقای دکتر محمد حسین ایران نژاد پاریزی و جناب آقای مهندس رسول قربعلی سرپرست تحقیقات ایمنی، بهداشت و محیط زیست کارخانه ذوب آهن اصفهان میسر نبود. همچنین بر خود لازم میدانم از همکاری های آقایان مهندس شاهرادی، مهندس هاشمی و جناب آقای عباسی و دیگر دست اندر کاران فضای سبز سایت ذوب آهن اصفهان که در این تحقیق ما را یاری کردند، تشکر نمایم.



|                  |          |   |             |       |                    |
|------------------|----------|---|-------------|-------|--------------------|
| ازت              | عمق      | ۱ | .۰۰۵        | ۱.۷۱۲ | .۲۳۹ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | ۶.۶۶۷       | .۰۰۰  | .۹۹۶ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | .۰۰۳        | ---   | ---                |
| سدیم             | آب       | ۱ | ۱۴۱۱۲.۱۸۷   | .۲۳۵  | .۶۴۵ <sup>ns</sup> |
|                  | عمق      | ۱ | ۴۱۹۴۵.۴۷۴   | .۶۹۹  | .۴۳۵ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | ۱۴۲۸۰.۷۷۴   | .۲۳۸  | .۶۴۳ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | ۵۹۹۸۴.۵۰۶   | ---   | ---                |
| کلسیم و منیزیم   | آب       | ۱ | ۳۵.۲۶۷      | .۳۳۵  | .۵۸۴ <sup>ns</sup> |
|                  | عمق      | ۱ | .۶۰۰        | .۰۰۶  | .۹۴۲ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | ۷۲.۶۰۰      | .۶۹۰  | .۴۳۸ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | ۱۰۵.۲۲۲     | ---   | ---                |
| پتاسیم           | آب       | ۱ | ۳۲.۴۵۸      | ۲.۲۱۸ | .۱۸۷ <sup>ns</sup> |
|                  | عمق      | ۱ | ۱.۰۶۴       | .۰۷۳  | .۷۹۶ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | ۶.۱۳۸       | .۴۱۹  | .۵۴۱ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | ۱۴.۶۳۴      | ---   | ---                |
| اسید یته         | آب       | ۱ | .۱۴۰        | ۳.۹۳۱ | .۰۹۵ <sup>ns</sup> |
|                  | عمق      | ۱ | .۰۱۰        | .۲۷۰  | .۶۲۲ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | .۰۰۲        | .۰۴۸  | .۸۳۴ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | .۰۰۳        | .۰۳۶  | ---                |
| هدایت الکتریکی   | آب       | ۱ | ۱۳۹۱.۰۵۳    | .۰۰۴  | .۹۵۲ <sup>ns</sup> |
|                  | عمق      | ۱ | ۶۸۰۸۶.۱۴۳   | .۱۹۱  | .۶۷۷ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | ۱۰۴۵۱۶۰.۱۷۹ | ۲.۹۳۳ | .۱۳۸ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | ۳۵۶۳۰۰.۰۷۳  | ---   | ---                |
| درصد رطوبت اشباع | آب       | ۱ | ۵۲.۴۳۵      | .۴۳۹  | .۵۳۳ <sup>ns</sup> |
|                  | عمق      | ۱ | ۴۵۰.۵۱۱     | ۳.۷۷۱ | .۱۰۰ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | ۱۹.۳۰۱      | .۱۶۲  | .۷۰۲ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | ۱۱۹.۴۴۶     | ---   | ---                |
| درصد کربن آلی    | آب       | ۱ | .۲۲۸        | ۱.۷۹۷ | .۲۲۹ <sup>ns</sup> |
|                  | عمق      | ۱ | .۲۰۷        | ۱.۶۲۸ | .۲۴۹ <sup>ns</sup> |
|                  | آب × عمق | ۱ | .۰۰۰        | .۰۰۱  | .۹۷۸ <sup>ns</sup> |
|                  | خطا      | ۶ | .۷۶۲        | ---   | ---                |

جدول (۴) تجزیه واریانس متغیرهای خاک در گونه کاج الدار

## منابع مورد استفاده

۱. بهره مند، م. ر.، م. افیونی، م. ع. حاج عباسی و ی. رضایی نژاد. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک . علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶ (۴): ۱-۱۰.
۲. ترابیان، ع. و. هاشمی، ف.، ۱۳۷۸. آبیاری فضای سبز با پساب تصفیه شده تصفیه خانه های تهران . مجله آب و فاضلاب، ۲۹: ۳۱-۳۶.
۳. ثابتی، ح. ۱۳۵۵. جنگلها، درختان و درختچه های ایران، سازمان تحقیقات کشاورز و منابع طبیعی- تهران.
۴. جزیره ای، م. ۱۳۸۱. جنگلکاری در خشکبوم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران- تهران
۵. حسن اقلی، ع.، لیاقت، ع. و. میراب زاده، م.، ۱۳۸۱. تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلا بهای خانگی و خودپالایی آن .مجله آب و فاضلاب ، ۴۲: ۲-۱۱.
۶. زارع، ح. ۱۳۸۰. گونه های بومی و غیر بومی سوزنی برگ در ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع ، تهران
۷. زرین کفش، م. ۱۳۷۱. خاکشناسی کاربردی ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه های کمی خاک-آب-گیاه. انتشار دانشگاه تهران، شماره ۵، ۱۹۵-۲۴۵.
۸. زرین کفش، م. ۱۳۷۶. مبانی علوم خاک در ارتباط با گیاه و محیط. جلد اول: ترکیب و تشکیلات صفات و خصوصیات تکنولوژی یا فناوری. مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، صفحه ۸۰۹.
۹. شهریاری، ع. و همکاران. ۱۳۸۹. اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد گیاه قره داغ تحت شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت های گلخانه ای ، سال اول ، شماره چهارم .
۱۰. طباطبایی، م. و. توکلی، م. ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده .همایش جنبه های زیست محیطی استفاده از پساب در آبیاری، تهران، ۱۳۷۸ ، وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: ۲۶-۱.
۱۱. عابدی، م. ج. و پ. نجفی . ۱۳۸۰ . استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی .(ترجمه)، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
۱۲. علیزاده، ا.، ۱۳۷۶. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری چغندر قند .وزارت نیرو، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گزارش نهایی طرح پژوهشی، ۱۰ صفحه.
۱۳. متین، ا.، ۱۳۷۲. آبیاری با فاضلاب شهری راه حلی برای کمبود آب .مجله پژوهش و سازندگی، ۲۵: ۱۸-۲۲.
۱۴. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور. ۱۳۸۹. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب های برگشتی و پساب. نشریه شماره ۵۳۵.



۱۵. نجفی، پ.، موسوی، م. و. عابدی، م.، ۱۳۸۰. اثرات کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره برداری از پساب فاضلاب شهری. همایش اثرات زیست محیطی پسابهای کشاورزی بر آبهای سطحی و زیرزمینی، ۲۵ بهمن ۱۳۸۰: ۸۵-۹۰.
۱۶. ورامش، س.، س.م. حسینی، ن. عبدی، ۱۳۸۸. مقایسه میزان ترسیب کربن گونه‌های پهن برگ و سوزنی برگ در جنگل شهری (مطالعه موردی پارک چیتگر تهران). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس ۱۳۲۰ صفحه.
۱۷. وکیلی، ب. ۱۳۷۴. تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد آن در کشاورزی (ترجمه). آب و فاضلاب ۱۶: ۴۲-۴۷.
18. Ayers, R. S. and D. E. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO, Rome.
19. Bhati, M. and Singh, G., 2002. Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluents. Bioresource Technology, 88: 221-228.
20. Feigin, A., Ravina, I. and Shalheret, J., 1991. Irrigation with treated sewage effluent. Springer-Verlag, Berlin, 152-155
21. Fitzpatrick, G.E., Donselman, H. and Carter, N.S., 1986. Interactive effects of sewage effluent irrigation and supplemental fertilization on container-grown trees. Hort. Science, 21(1): 92-93.
22. Hernandez, R., P., Koohafkan, J., Antoine. 2004. Assessing Carbon Stocks and modeling win-win Scenarios of carbon sequestration through land-use change. 166 pp.
23. Keller, C., Grath, S.P.Mc. and Dunham, S.J., 2002. Trace metal leaching through a soil grassland system after sewage sludge application. J. Environ. Qual, 31: 1550-1560.
24. Mac Dicken, K.G. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agro forestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. pp 91.
25. Monte, H. M. and M. S. Esousa. 1992. Effects on crops of irrigation with effluent water. Sci. Technol. 26 (7-8): 1603-1613.
26. Myers, B.J., Theiveyanath, S.O., Brian, N.O. and Bond, W.J. 1996. Growth and water use of *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* plantation irrigated with effluent. Tree Physiol, 16: 211-219.

