نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۵۲۱-۱۵۰۶

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1506-1521

بررسی شدت بیابان زایی در اراضی آبیاری شده با پساب تصفیه شده شهر یزد و مقایسه آن با اراضی طبیعی با بهره‌گیری از معیار خاک در مدل IMDPA

مسعود یکتافر[۱]- محمد زارع[۲*]- محمد اخوان قالیباف[۳]- سیدرضا مهدوی اردکانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۶

چکیده

از مهم‌ترین مسائلی که بر کیفیت محیط‌زیست جهان فشار زیادی وارد می‌آورد، پدیده بیابان‌زایی است. از آن جایی که آبیاری با پساب بیشترین تاثیر را بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک دارد، در این تحقیق با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان زایی (IMDPA) شدت بیابان‌زایی اراضی آبیاری شده با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد و اراضی طبیعی منطقه با در نظر گرفتن معیار خاک مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های مورد بررسی شاخص بافت ، درصد سنگریزه عمقی، عمق خاک و هدایت الکتریکی بود. به این منظور اراضی آبیاری شده و اراضی طبیعی به‌عنوان واحدهای کاری انتخاب و نقشه‌های مربوط به هر شاخص تهیه شد. در پایان از میانگین گیری هندسی شاخص‌ها، نقشه حساسیت بیابان‌زایی منطقه به دست آمد. نتایج نشان داد که در اراضی آبیاری شده با پساب، شاخص بافت خاک با میانگین وزنی ۳/۷۴ در کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید و شاخص‌های هدایت الکتریکی، عمق خاک و درصد سنگریزه عمقی به ترتیب با میانگین وزنی ۱/۲۳، ۱ و ۱ در کلاس شدت بیابان‌زایی کم قرار می‌گیرند. در نهایت معیار خاک با میانگین وزنی ۱/۲۱ در کلاس شدت بیابان‌زایی کم قرار می‌گیرد. در اراضی طبیعی منطقه نیز شاخص درصد سنگریزه عمقی با میانگین وزنی۱ در کلاس کم، شاخص عمق خاک با میانگین وزنی ۳/۰۶ در کلاس شدت بیابان‌زایی شدید و شاخص‌های هدایت الکتریکی و بافت خاک به ترتیب با میانگین وزنی ۴ و ۳/۹۳ در کلاس خیلی شدید قرار می‌گیرند. در این اراضی معیار خاک با متوسط وزنی ۲/۸۹ در کلاس شدت بیابان‌زایی شدید قرار دارد. نتایج نشان می‌دهد که در اراضی آبیاری شده با پساب شاخص بافت خاک و در اراضی طبیعی منطقه شاخص هدایت الکتریکی موثرترین شاخص در افزایش شدت بیابان‌زایی است. همچنین با در نظر گرفتن تمامی محدوده معیار خاک با میانگین وزنی ۲/۸ درکلاس شدت بیابان‌زایی شدید واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، فاضلاب تصفیه شده، مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان زایی، معیار خاک، یزد

مقدمه

بیابان‌زایی عبارت است از تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله تغییرات اقلیمی و فعالیت های انسانی. بیا بان زایی را می توان فرآیندی دانست که طی آن بخشی از حاصل‌خیزی طبیعی خاک به دلایلی همچون بهره‌برداری‌های نادرست، ماندابی شدن اراضی، شور و سدیمی شدن خاک از دست می‌رود (۱۹). به منظور ارزیابی پدیده بیابان‌زایی تحقیقات گسترده‌ای در نقاط مختلف جهان صورت گرفته و منجر به ارائه‌ی مدل‌های منطقه‌ای زیادی شده است. به منظور بهره‌گیری از این مدل‌ها در سایر نقاط جهان نیاز است که شاخص‌ها و معیارهای آن‌ها مورد بررسی و ارزیابی مجدد قرار گرفته و با توجه به شرایط هر منطقه اصلاح شوند. به همین منظور طرح جامع کمی‌سازی معیارها و شاخص‌های تاثیرگذار بر روند بیابان‌زایی در زیست بوم‌های طبیعی کشور در سطح ملی در قالب مدل IMDPA[5] تدوین و ارائه شد (۲۶). با توجه به این‌که در مناطق خشک و بیابانی دسترسی به منابع آب با کیفیت محدود است، استفاده بهینه از تمامی

۱- کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی- مدیریت مناطق بیابانی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اصفهان
۲ و ۳- استادیاران گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
(*- نویسنده مسئول: Email: mzernani@yazd.ac.ir)
۴- دانشجوی دکتری بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد و مدرس دانشگاه علمی کاربردی- مرکز آموزش عالی علمی کاربردی ملاصدرا یزد

5 - Iranian Model for Desertification Potential Assessment

منابع آب موجود از جمله منابع آب نامتعارف[1] و آب‌های با کیفیت نامطلوب به امری ضروری تبدیل شده است (۶). در این بین استفاده از فاضلاب تصفیه شده به‌منظور آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۱۰). در سال ۱۹۹۹ کمیسیون اروپا طرح مدالوس را به‌منظور بررسی‌های پایه‌ای در بیابان‌زایی کشورهای منطقه مدیترانه پیشنهاد نمود. در این مدل چهار شاخص شامل کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت به عنوان شاخص‌های اصلی بیابان‌زایی تعریف شدند (۱۳). وانگ و همکاران (۲۰۰۶)، به بررسی بیابان‌زایی در کشور چین پرداخت. نتایج نشان داد که عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، هر دو در فرآیند بیابان‌زایی شرکت داشته‌اند (۲۵). اسفندیاری (۱۳۸۸)، به بررسی بیابان‌زایی منطقه طشک فارس پرداخت. براساس نتایج، منطقه مورد مطالعه در کلاس شدت متوسط بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (۹). دولت‌شاهی (۱۳۸۶)، با استفاده از مدل IMDPA به بررسی وضعیت بیابان‌زایی در جنوب گرمسار پرداخت. معیارهای مورد استفاده در این تحقیق آب، خاک، کشاورزی و پوشش گیاهی بودند. بر اساس نتایج به‌دست آمده کلاس بیابان‌زایی برای کل منطقه متوسط است (۷). شجاعی (۱۳۹۰)، با استفاده از مدل IMDPA به تعیین شدت بیابان‌زایی منطقه ریگان کرمان پرداخت. نتایج نشان داد که بیابان‌زایی با درجه‌های شدید تا متوسط در تمامی واحدهای‌کاری به وقوع پیوسته است (۲۳). شاکریان و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی وضعیت بالفعل بیابان‌زایی منطقه جرقویه اصفهان با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر معیارهای آب، خاک و پوشش گیاهی پرداخت. نتایج نشان داد که معیار خاک بیشترین تاثیر و معیار آب کم‌ترین تاثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشته و وضعیت بالفعل بیابان‌زایی منطقه در کلاس متوسط قرار دارد (۲۲). پهلوان روی و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی نقش معیارهای آب، خاک و پوشش گیاهی در وضعیت فعلی بیابان زایی منطقه بردخون بوشهر با کمک مدل IMDPA پرداخت. نتایج نشان داد که معیار خاک در طبقه شدید و معیارهای پوشش گیاهی و آب در طبقه متوسط قرار دارد. در بین شاخص‌های مورد بررسی، عمق خاک بیشترین تاثیر و شاخص میزان کلر و نسبت جذب سدیم کمترین تاثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارند (۱۶). زهتابیان و همکاران (۱۳۹۱)، با کمک مدل IMDPA به ارزیابی وضعیت بالفعل بیابان‌زایی در منطقه کویر میقان پرداخت. نتایج نشان داد که شاخص هدایت الکتریکی مؤثرترین عامل در افزایش شدت بیابان‌زایی در این منطقه است (۲۷). آرامی و همکاران (۱۳۹۱)، به بررسی قابلیت بیابان‌زایی دشت آلاگل در استان گلستان، با تکیه بر معیارهای خاک و پوشش گیاهی و با استفاده از مدل IMDPA پرداخت. نتایج نشان داد که بیابان‌زایی در منطقه شدید و در حال گسترش است. معیار خاک در کلاس متوسط و معیار پوشش گیاهی در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار دارد (۱). بهزادی و همکاران (۱۳۹۱)، تاثیر معیار خاک در بیابان‌زایی دشت ورامین را با کمک مدل IMDPA بررسی کرد. نتایج تحقیقات نشان داد که منطقه از نظر معیار مورد بررسی در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار دارد. همچنین از میان شاخص‌ها، شاخص هدایت الکتریکی بیشترین تاثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد (۳).

امروزه مطالعات منطقه‌ای در مورد کاربرد آب‌های نامتعارف از جمله پساب در آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز از اهمیت بالایی برخوردار است. به دلیل وجود تفاوت در شرایط اقلیمی، گیاهی، اجتماعی و فرهنگ، کیفیت خاک و غیره و متغیر بودن خصوصیات فاضلاب از منطقه‌ای به منطقه دیگر و حتی در طول زمان در یک منطقه، تکیه بر نتایج به‌دست آمده از تحقیقاتی که در دیگر نقاط جهان انجام شده است، می‌تواند خسارات جبران ناپذیری بر منابع آب و خاک وارد آورد (۱۵).

تحقیقات زیادی در نقاط مختلف جهان در زمینه اثر پساب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شده و پیامدهایی همچون افزایش شوری و سدیم خاک در این ارتباط گزارش شده است (۶). استفاده از فاضلاب های خانگی به منظور آبیاری محصولات کشاورزی و حاصل خیز کردن خاک از گذشته دور در کشورهای آسیایی رواج داشته است (۵). در اروپا و آمریکا مهمترین روش دفع فاضلاب رهاسازی آن در اراضی کشاورزی بوده است (۱۸).

روحانی شهرکی و همکاران (۱۳۸۳)، به بررسی تاثیر آبیاری با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شمال اصفهان بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک پرداخت. نتایج نشان داد پساب نه‌تنها هیچ‌گونه مشکلی از لحاظ شوری و قلیائیت در منطقه ایجاد نکرده، بلکه قلیائیت خاک‌های منطقه را نیز کاهش داده است (۲۰).

کوتربا (۱۹۷۹)، نشان داد که کاربرد مناسب فاضلاب تاثیر کمی بر شیمی محلول خاک دارد، ولی مصرف زیاد آن سبب افزایش منیزیم، سدیم، پتاسیم، نیترات و فسفر محلول در آب می‌گردد (۱۴). بجوا و همکاران (۱۹۸۳)، گزارش کرد که استفاده از آب شور و فاضلاب باعث افزایش قلیائیت خاک شده است (۲). پاترسون (۱۹۹۶)، در مطالعات خود در استرالیا به این نتیجه رسید که بالا بودن SAR در پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب خانگی باعث کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک خواهد شد، به صورتی که با افزایش آن به مقدار ۱۵، هدایت هیدرولیکی به میزان ۷۵٪ کاهش می‌یابد (۱۷).

۱- منابع آبی نامتعارف به آن دسته از آب هایی گفته می شود که از آن ها به صورت معمول نمی توان استفاده کرد و برای به کارگیری آن ها نیاز به اعمال سیاست های مدیریتی و حفاظتی ویژه است.

کامرون (۱۹۹۷)، با مطالعه بر روی خاک‌های منطقه موس‌جاو[1] در مساحتی حدود ۱۲۰۰ هکتار در کانادا که از سال ۱۹۸۲ با استفاده از پساب آبیاری می‌شد، نشان داد که شوری خاک به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرده به صورتی که میانگین هدایت‌الکتریکی خاک از ۰/۷۵ dS/m به ۱/۶ dS/m در سال ۱۹۹۷ افزایش یافته است. انباشت شوری بیشتر در لایه‌ی یک متری سطحی خاک انجام شده است. همچنین بررسی‌های انجام شده بر روی آب‌های زیرزمینی کم عمق منطقه فوق بیان گر افزایش غلظت سدیم، کلرور، سولفات و بیکربنات است (۴). حسین و الساعتی (۱۹۹۹)، در مطالعه خصوصیات پساب‌های تولیدی در کشور عربستان به این نتیجه رسیدند که کاربرد این پساب‌ها به دلیل بالا بودن میزان شوری و سدیم آن می‌تواند باعث افزایش شوری خاک شده و درصد سدیم تبادلی خاک را تغییر دهد. در نتیجه کاربرد پساب را تنها به عنوان آب کمکی پیشنهاد کردند (۱۱). استیونس و همکاران (۲۰۰۳)، به بررسی خاک‌های منطقه شمال آدلاید در استرالیا که با پساب آبیاری می‌شوند، پرداختند. براساس نتایج به دست آمده، آبیاری با پساب موجب افزایش شوری، سدیم و بر در خاک‌های منطقه شده است. ولی این افزایش در مقادیر مذکور، هنوز به میزانی نرسیده است که بر روی عملکرد محصولات کشاورزی اثرگذار باشد. البته افزایش مشاهده شده در سدیم و SAR خاک، از نظر تخریب ساختمان خاک و کاهش ظرفیت زه کشی آن هشدار دهنده است (۲۴). کای (۲۰۰۷)، به بررسی تاثیر کاربرد پساب و لجن به عنوان منابع غذایی بر روی تجمع و رفتار عناصر کمیاب در خاک‌های ویتنام پرداخت. نتایج نشان داد که منابع مذکور تجمع عناصر کمیاب (مس و روی) را در تیمارهای آزمایشی افزایش داده و از این نظر می‌تواند به عنوان یک تهدید برای کیفیت آب و خاک و بهداشت عمومی به شمار آید (۱۲).

در این تحقیق با بهره‌گیری از مدل IMDPA شدت بیابان‌زایی در اراضی آبیاری شده با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد و مقایسه آن با اراضی طبیعی با در نظر گرفتن معیار خاک مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به یادآوری است که مدت زمان آبیاری با پساب فاضلاب ۸ سال بوده است. با توجه به این که تاکنون پژوهشی در زمینه بررسی شدت بیابان‌زایی در اراضی تحت آبیاری با پساب به کمک مدل IMDPA صورت نگرفته است، نتایج این تحقیق می‌تواند کمکی در زمینه پی بردن به آثار ناشی از کاربرد پساب‌های شهری در بخش کشاورزی و فضای سبز حاشیه شهرهای واقع در مناطق خشک و بیابانی و تاثیر آن بر روی بیابان‌زایی در این مناطق باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد به مساحت ۲۱۷۵ هکتار در محدوده جغرافیایی ″۴۳′۱۶°۵۴ تا ″۹′۲۱°۵۴ طول شرقی و ″۵۱′۵۷°۳۱ تا ″۱۶′۰°۳۲ عرض شمالی قرار دارد (شکل۱). محدوده مورد مطالعه در تمامی سیستم‌های طبقه بندی اقلیمی در گروه آب و هوایی خشک و یا گرم و خشک قرار می‌گیرد. دمای میانگین سالانه منطقه ۱۸/۹ °C و متوسط بارش سالانه ۶۰/۲ میلیمتر است.

خاک اراضی طبیعی منطقه در رده اریدی‌سول[2] قرار دارد. این اراضی در سطح دارای خاکی با بافت عمدتاً شنی و لومی شنی بوده و در عمق دارای سخت‌لایه های نمکی و رسی است. مشکل عمده این اراضی شوری بسیار زیاد، وجود سخت‌لایه، مشکل زه‌کشی می‌باشد که خود یکی از دلایل ایجاد ماناب در شمال منطقه است. وجود گچ در خاک منطقه یک نکته مثبت است و بعد از آبیاری می‌تواند به‌عنوان یک اصلاح کننده عمل نماید. اراضی آبیاری شده با پساب در رده اریدی‌سول و انتی‌سول[3] قرار داشته و شوری آن کمتر از اراضی طبیعی منطقه است. میزان سنگریزه، هم در اراضی آبیاری شده با پساب و هم در اراضی طبیعی منطقه ناچیز است. خاک منطقه در رژیم‌های رطوبتی اریدیک[4] و اکویک[5] و رژیم حراتی ترمیک[6] قرار دارد.

معرفی مدل IMDPA

در مدل IMDPA، ۹ معیار و ۳۶ شاخص بیابان‌زایی همراه با روش ارزیابی کمی و کیفی آن‌ها ارائه شده است (۸). در این مدل امتیاز هر معیار، نتیجه به دست آمده از میانگین‌گیری شاخص‌های یک معیار است. در نهایت نتیجه نهایی حاصل از میانگین‌گیری معیارها برای منطقه، یک خروجی به صورت نقشه دارد و ازآن می‌توان به وضعیت بیابان‌زایی منطقه پی برد. امتیاز معیار خاک از نظر بیابان‌زایی، میانگین هندسی شاخص‌های هدایت الکتریکی، بافت خاک، عمق خاک و درصد سنگریزه عمقی است. به عنوان مثال امتیاز معیار خاک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_s = \bigcap_{i=1}^{4} Q_s = \sqrt[4]{Q_{s1}.Q_{s2}.Q_{s3}.Q_{s4}} \qquad (۱)$$

که در آن:

Q_S: امتیاز معیار خاک، Q_{S1}: امتیاز شاخص هدایت الکتریکی، Q_{S2}: امتیاز بافت خاک، Q_{S3}: امتیاز عمق خاک، Q_{S4}: امتیاز درصد سنگریزه عمقی است.

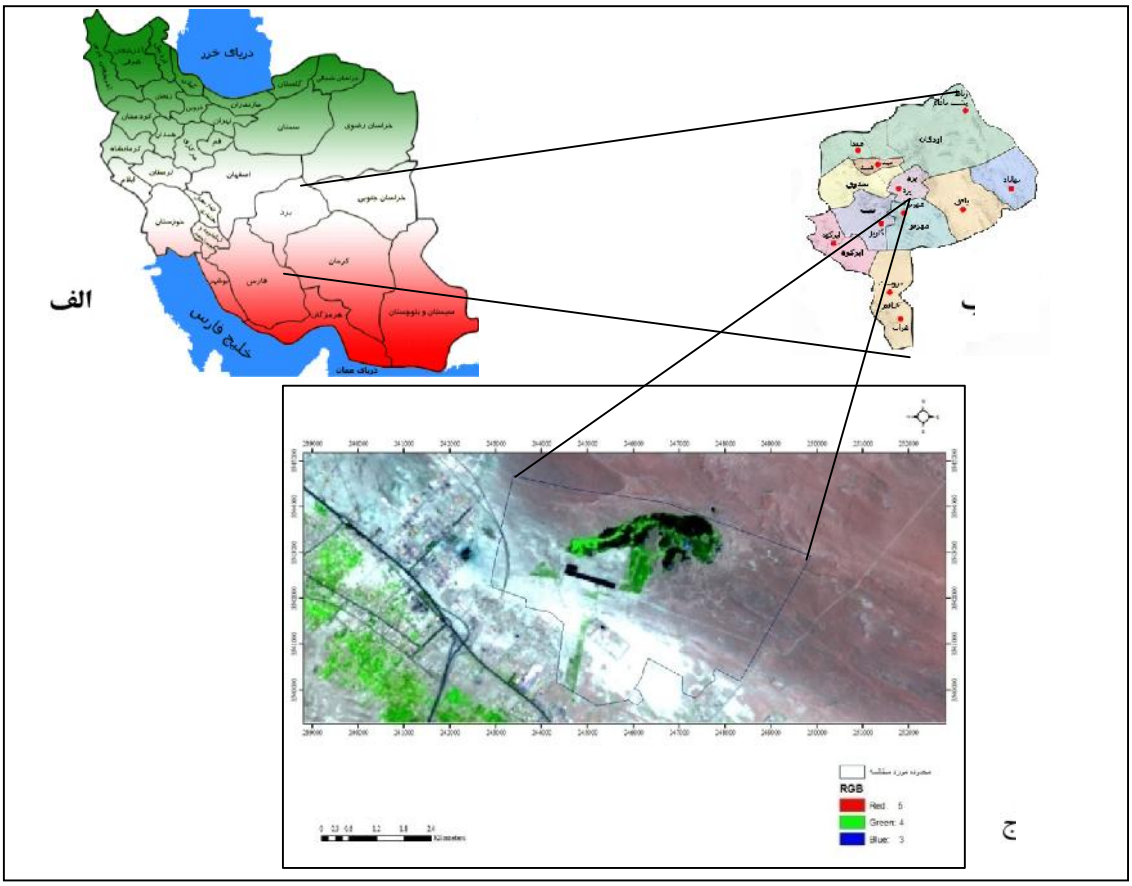
با توجه به مقدار Q_S به دست آمده و با استفاده از جدول ۱ شدت بیابان‌زایی معیار خاک از نظر کیفی تعیین می‌شود. مرحله نهایی شامل جمع‌بندی کیفیت معیارهای مورد بررسی است که در نتیجه این کار

1- Moose Jaw

2- Aridisols
3- Entisols
4- Aridic
5- Aquic
6- Thermic

تیپ‌های مختلف حساسیت مناطق به بیابان‌زایی مشخص خواهد شد. به‌منظور ارزیابی نهایی شدت بیابان‌زایی معیارهای مورد بررسی به صورت میانگین هندسی هم ترکیب شده و در نهایت کلاس یا طبقه بیابان‌زایی بر اساس جدول ۲ تعیین می‌شود.

به کمک GIS می‌توان با وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، ارزش هر لایه را در شاخص مورد نظر دخالت داده و تاثیر آن را در بیابان‌زایی بررسی نمود. نقشه واحدهای کاری به‌عنوان نقشه پایه برای ورود امتیاز هر شاخص در نظر گرفته شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی الف) در ایران، ب) در استان یزد، ج) بر روی تصویر ماهواره Landsat 5 TM

Figure 1- Location of the study area in a) Iran, b) Yazd province and on c) Landsat image

جدول ۱- امتیاز شاخص‌های معیار خاک جهت ارزیابی شدت بیابان زایی در مدل IMDPA

Table 1- Classification of desertification intensity for the indices of soil criteria in IMDPA

شاخص Index	کم Low	متوسط Moderate	شدید High	خیلی شدید Very high
هدایت الکتریکی EC (ds/m)	<5	5-8	8.1-16	>16
بافت خاک SoilTexture	رسی و لوم‌رسی Clayloam &clay	لوم ریز Fine clay	لوم درشت Corse loam	شنی و لوم‌شنی Sandy loam &sandy
درصد سنگریزه عمقی Deep gravel (%)	<15	15-35	35.1-75	>75
عمق خاک Soil Depth (cm)	>80	50.1-80	20-50	<20

جدول ۲- کلاس‌های شدت بیابان‌زایی در مدل IMDPA

Table 2- Classification of desertification intensity IMDPA model

کلاس شدت بیابان‌زایی Desertification intensity class	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی Actual status of desertification	دامنه ارزش عددی Range
I	کم و ناچیز Low	1-1.50
II	متوسط moderate	1.51-2.50
III	شدید high	2.51-3.50
IV	بسیار شدید Very high	>3.50

امتیاز مربوط به شاخص‌های معیار خاک به‌صورت جداگانه تعیین و نقشه مربوط به هر شاخص تهیه و در نهایت نقشه پتانسیل بیابان-زایی معیار خاک براساس مدل ایرانی IMDPA برای کل محدوده مطالعاتی تهیه شد. همچنین به منظور انجام مقایسه آماری بین اراضی آبیاری شده با پساب و اراضی طبیعی منطقه، با توجه به نرمال نبودن داده‌ها از آزمون من- ویتنی برای مقایسه آماری استفاده شد.

تفکیک واحدهای کاری

به‌منظور تعیین محدوده تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد از نقشه تهیه شده توسط شرکت آب و فاضلاب استان یزد استفاده شد. پس از مشخص شدن محدوده مطالعاتی با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat 5 TM مربوط به سال ۲۰۱۱ و گوگل ارث و همچنین بازدید میدانی اراضی آبیاری شده با پساب و اراضی طبیعی منطقه از یکدیگر جدا شدند. جدول ۳، نوع کاربری و مساحت هریک از واحدهای کاری در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی معیار خاک، در هریک از واحدهای کاری با در نظر گرفتن مساحت هر واحد کاری و به صورت تصادفی اقدام به حفر تعدادی پروفیل خاک گردید. نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده پس از مطالعات صحرایی به آزمایشگاه منتقل و در محیط آزمایشگاه در معرض هوا قرار گرفته و خشک گردید. پس از کوبیدن کلوخه‌ها و عبور از الک ۲ میلیمتری، درصد سنگریزه نمونه‌ها تعیین شد. بافت خاک نیز به روش هیدورمتری تعیین گردید. در سوسپانسیون‌های ۱:۱ و ۱:۵ خاک و آب میزان pH نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین هدایت الکتریکی از عصاره خاک و آب ۱:۵ تعیین گردید. محدوده اراضی آبیاری شده با پساب و اراضی طبیعی و همچنین پراکنش پروفیل‌های خاک حفر شده در شکل ۲ نشان داده شده است.

نتایج

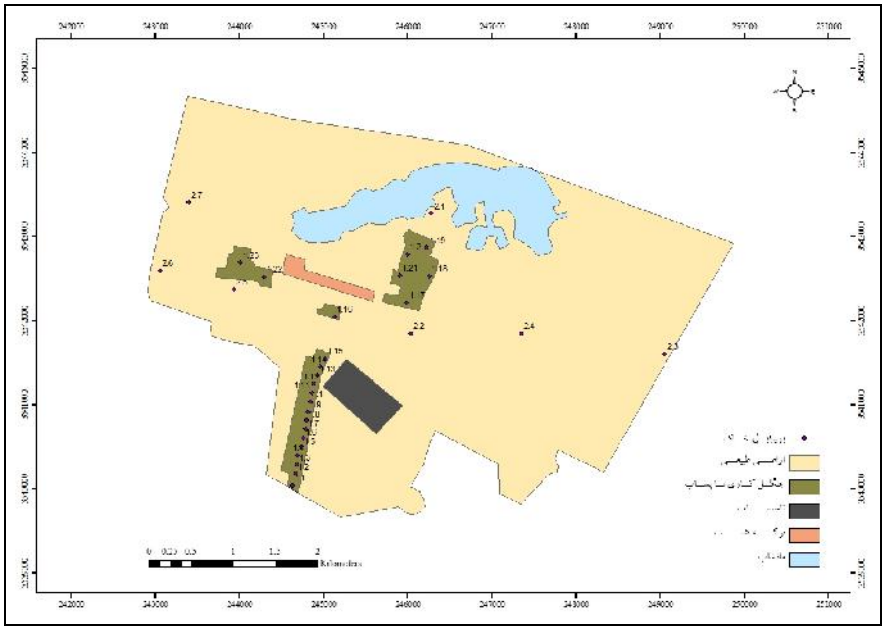
با بهره‌گیری از نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌های خاک، مقادیر کمی شاخص‌های معیار خاک برای هریک از پروفیل‌های حفر شده محاسبه گردید. مقادیر کمی هریک از شاخص‌های معیار خاک در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج حاصل از امتیازدهی شاخص های معیار خاک بیان گر این است که شاخص درصدسنگریزه عمقی در تمامی واحدهای کاری (اراضی طبیعی و مناطق آبیاری شده با پساب) در کلاس بیابان زایی کم قرار دارد. شاخص عمق خاک در مناطق آبیاری شده با پساب در کلاس بیابان زایی کم و در اراضی طبیعی منطقه در دو کلاس بیابان زایی شدید (۹۴/۲٪) از سطح و خیلی شدید (۵/۷٪) قرار دارد.

جدول ۳- انواع کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی

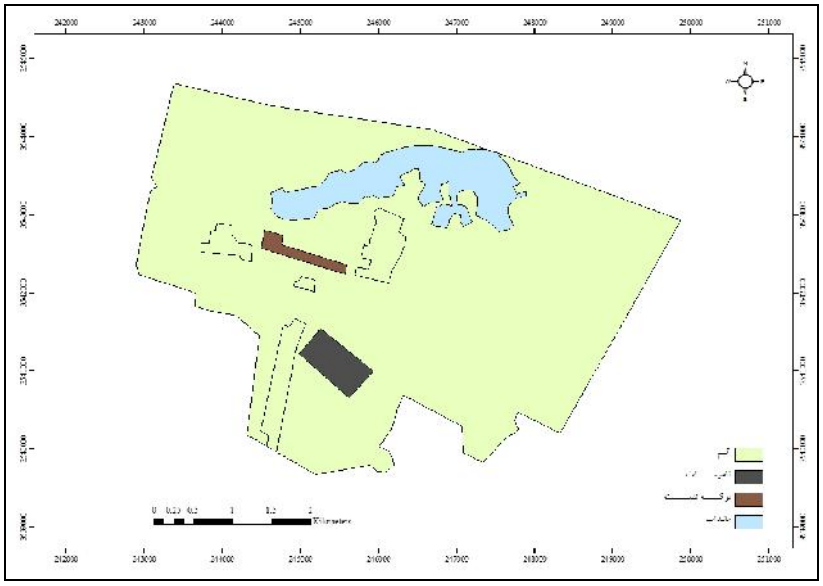
Table 3- Land use types in the study area

نوع کاربری Land use		مساحت(Area)	
		%	ha
Natural Lands	اراضی طبیعی	85.2	1853.8
Afforestation	جنگل دست کاشت	4.26	92.7
Stabilization pond	برکه‌های تثبیت	0.75	16.3
Wet Land	مانداب	7.99	173.8
Installation	تاسیسات	1.76	38.3



شکل ۲- نقشه کاربری های مختلف اراضی و پروفیل های خاک حفر شده در محدوده مطالعاتی

Figure 2- Land use map of the study area with location of soil samples



شکل ۳- نقشه وضعیت فعلی بیابان زایی بر اساس شاخص بافت خاک

Figure 3- Map of present status of desertification based on soil texture index

شاخص بافت خاک در اراضی آبیاری شده در سه کلاس بیابان زایی متوسط (۵/۵٪)، شدید (۱۵/۳٪) و خیلی‌شدید (۷۹/۱٪) و در اراضی طبیعی منطقه در دو کلاس بیابان‌زایی شدید (۷/۵٪) و خیلی-شدید (۹۲/۵٪) قرار دارد. همچنین شاخص هدایت‌الکتریکی در مناطق آبیاری شده با پساب در سه‌کلاس بیابان‌زایی کم (۷۹/۲٪)، متوسط (۱۸/۶٪)، شدید (۲/۲٪) و در اراضی طبیعی منطقه در کلاس بیابان-زایی خیلی شدید قرار دارد.

نتایج حاصل از وزن‌دهی شاخص‌های معیار خاک نیز بیان‌گر این است که ۷۹/۲٪ از مناطق آبیاری شده با پساب دارای شدت بیابان-زایی کم و ۲۰/۸٪ متوسط است. همچنین ۱۰/۳٪ از اراضی طبیعی

منطقه دارای شدت بیابان‌زایی متوسط و ۷۹/۳٪ دارای‌شدت بیابان-زایی شدید است. لازم به ذکر است که در کل محدوده مطالعاتی، ۳/۵٪ از اراضی دارای شدت بیابان‌زایی کم، ۹/۶٪ از اراضی دارای شدت متوسط و ۷۶/۴٪ از اراضی دارای شدت بیابان‌زایی شدید است. همچنین ۰/۷۵٪ از محدوده مورد مطالعه را برکه‌های تثبیت، ۸٪ را مانداب و ۱/۸٪ را تاسیسات در بر گرفته است. بیشترین ارزش عددی بیابان‌زایی حاصل از معیار خاک در اراضی آبیاری شده منطقه مربوط به شاخص بافت خاک (۷۹/۱٪) و درتمامی اراضی طبیعی منطقه شاخص هدایت الکتریکی است. وضعیت بیابان‌زایی شاخص‌های بافت خاک، درصد سنگریزه عمقی، عمق خاک و هدایت الکتریکی در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده است. همچنین شکل ۷ وضعیت فعلی بیابان‌زایی معیارخاک را نشان می‌دهد. توزیع وسعت فراوانی کلاس شدت‌های بیابان‌زایی معیار خاک نیز در جدول ۵ آمده است

جدول ٤- امتیاز شاخص های معیار خاک در واحدهای کاری محدوده مطالعاتی

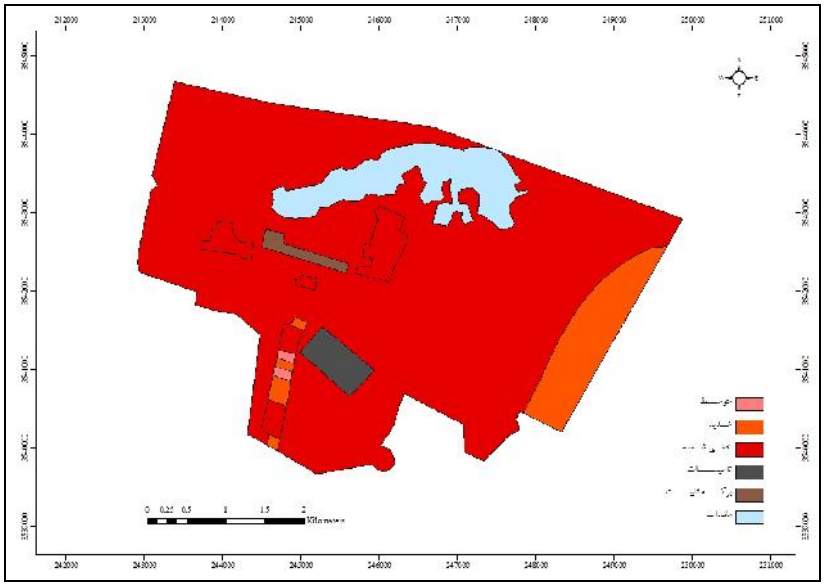
Table 4- Mean value of the soil indices in different land units

شماره پروفیل Profile Number	کاربری (جنگل کاری و اراضی طبیعی) Land Use	عمق خاک Soil Depth	بافت خاک Soil Texture	درصد سنگریزه عمقی Deep Geravel	هدایت الکتریکی EC	میانگین هندسی شاخص‌ها Geometric index	امتیاز نهایی معیار خاک Soil criterion final score
1.1	Afforestation	1	3	1	3	1.73	2
1.2	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.3	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.4	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.5	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.6	Afforestation	1	3	1	2	1.57	2
1.7	Afforestation	1	3	1	2	1.57	2
1.8	Afforestation	1	3	1	2	1.57	2
1.9	Afforestation	1	2	1	1	1.19	1
1.10	Afforestation	1	3	1	2	1.57	2
1.11	Afforestation	1	2	1	1	1.19	1
1.12	Afforestation	1	4	1	2	1.68	2
1.13	Afforestation	1	4	1	2	1.68	2
1.14	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.15	Afforestation	1	3	1	2	1.57	2
1.16	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.17	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.18	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.19	Afforestation	1	4	1		1.41	1

ادامه جدول ٤- امتیاز شاخص های معیار خاک در واحدهای کاری محدوده مطالعاتی

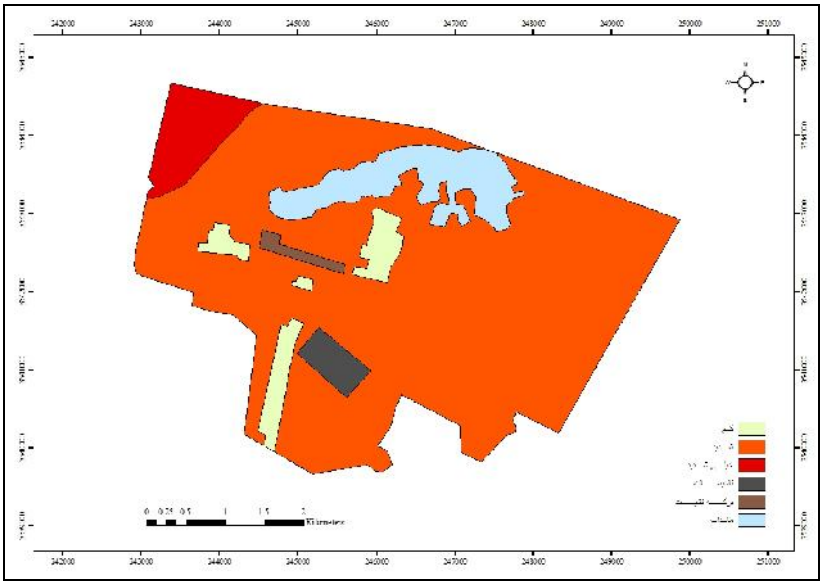
Continued Table 4- Mean value of the soil indices in different land units Continued

شماره پروفیل Profile Number	کاربری (جنگل کاری و اراضی طبیعی) Land Use	عمق خاک Soil Depth	بافت خاک Soil Texture	درصد سنگریزه عمقی Deep Geravel	هدایت الکتریکی EC	میانگین هندسی شاخص‌ها Geometric index	امتیاز نهایی معیار خاک Soil criterion final score
1.20	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.21	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.22	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
1.23	Afforestation	1	4	1	1	1.41	1
2.1	Natural land	3	4	1	4	2.63	3
2.2	Natural land	1	4	1	4	2.63	3
2.3	Natural land	1	3	1	4	2.45	2
2.4	Natural land	1	4	1	4	2.63	3
2.5	Natural land	1	4	1	4	2.63	3
2.6	Natural land	1	3	1	4	2.45	2
2.7	Natural land	4	4	1	4	2.83	3



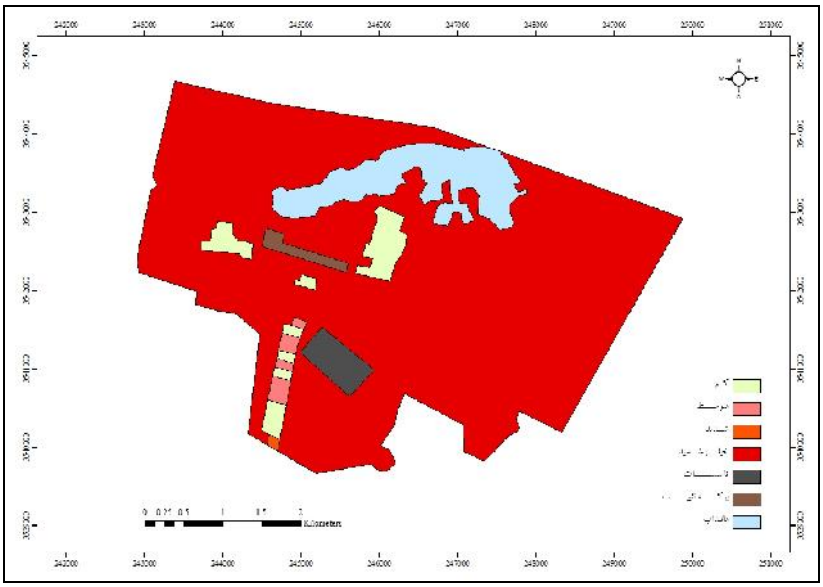
شکل ٤- وضعیت فعلی بیابان زایی شاخص درصد سنگریزه عمقی خاک

Figure 4- Map of present status of desertification based on soil deep gravel index



شکل ۵- وضعیت فعلی بیابان زایی شاخص عمق خاک

Figure 5- Map of present status of desertification based on soil depth index



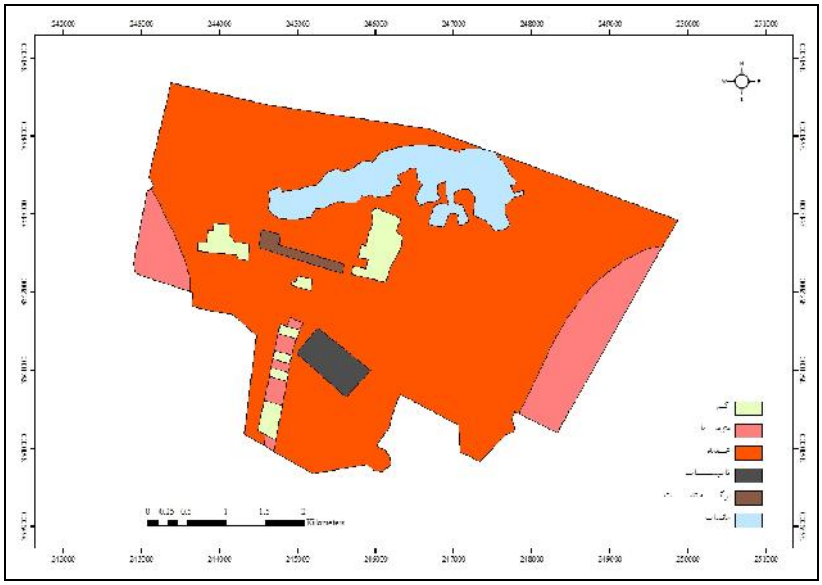
شکل ٦- وضعیت فعلی بیابان زایی شاخص هدایت الکتریکی

Figure 6- Map of present status of desertification based on soil Electrical Conductivity index

مهم ترین یون های سمی عبارت است از سدیم (Na)، کلر (Cl) و بور (B). غلظت بالاتر از حد مجاز این یون ها باعث اختلال در عملکرد ریشه، کاهش عملکرد محصول، تغییر شکل ظاهری گیاه و حتی مرگ گیاه می شود. مطمئن ترین شاخص تعیین میزان تأثیر آب آبیاری بر افزایش سدیم تبادلی خاک، نسبت جذب سدیم یا SAR است. سدیم به دلیل تأثیرش بر روی خاک، یکی ازمهم ترین کاتیون ها است. سدیم تبادلی، تمایل به پراکنش خاک داشته و باعث کاهش سرعت نفوذ آب و هوا در خاک می گردد. کاتیون های دو ظرفیتی باعث بهبود ساختمان خاک و پایداری خاکدانه ها می شوند ولی کاتیون های یک ظرفیتی باعث پراکندگی ذرات خاک و از بین رفتن ساختمان خاک می شوند. اگر حداقل ۱۰ درصد کاتیون های جذب شده سدیم باشد، خاک ساختمان خود را از دست داده و نفوذ بر اثر پراکندگی ذرات خاک کاهش می یابد.

بر اساس تقسیم بندی FAO ، نسبت جذب سدیم در نمونه های

پساب تصفیه خانه برای آبیاری در حد خوب و سایر عوامل شامل هدایت الکتریکی، غلظت کلر، سدیم و بور در حد متوسط ارزیابی می گردد (جدول ۷).



شکل ۷- وضعیت فعلی بیابان زایی معیار خاک

Figure 7- Map of present status of desertification based on soil criteria

جدول ۵- توزیع وسعت شدت‌های مختلف بیابان‌زایی معیار خاک

Tabble 5- Distribution of desertification intensities classes based on soil criteria

کاربری اراضی Land use	شدت بیابان‌زایی Desertification intensity	مساحت Area	
		%	ha
آبیاری شده Irrigated	Low کم	79.2	73.4
	Moderate متوسط	20.8	19.3
اراضی طبیعی Natural Lands	Moderate متوسط	10.3	191
	High شدید	89.7	1663
کل Total	Low کم	3.5	73.4
	Moderate متوسط	9.6	210.3
	High شدید	76.4	1663

نتایج مقایسه آماری

به دلیل نرمال نبودن توزیع داده‌ها از آزمون من- ویتنی برای انجام مقایسه آماری استفاده شد. براساس نتایج، شاخص‌های عمق خاک و هدایت الکتریکی در اراضی آبیاری شده با پساب و اراضی طبیعی منطقه دارای اختلاف معنی‌دار هستند. شاخص‌های بافت خاک و درصد سنگریزه عمقی خاک دارای اختلاف معنی‌دار نیست. همچنین امتیاز نهایی معیار خاک برای اراضی طبیعی منطقه و اراضی آبیاری شده با پساب دارای اختلاف معنی دار است (جدول ۸).

جدول ٦- نتایج تجزیه پساب فاضلاب تصفیه خانه آب یزد

Table 6- Analysis of purified wastewater of Yazd city

عنوان آزمایش Test	واحد Unit	21/02/2013 پساب Wastewater	16/05/2013 پساب Wastewater
کدورت (Turbidity)	NTU	9.52	4.05
pHاسیدیته		7.63	7.38
هدایت الکتریکی(EC)	mhos/cmμ	1590	1325
کل مواد معلق(TSS)	mg/lit	8	8
کل جامدات محلول(TDS)	mg/lit	850	725
کلسیم(Ca)	mg/lit	183	142
منیزیم(Mg)	mg/lit	154	72
سدیم(Na)	mg/lit	198	194.5
پتاسیم(K)	mg/lit	24.12	24.01
کربنات(CO3)2-	mg/lit	0	0
بی کربنات(HCO3)	mg/lit	265	204
سولفات - 2 (SO4)	mg/lit	154	125
کلراید(Cl)-	mg/lit	243.1	23.01
آمونیاک(NH3)	mg/lit	16.15	
نیتریت (NO2)	mg/lit	3.82	7.31
نیترات (NO3)	mg/lit	5.10	7.20
فسفات (P4O3)	mg/lit	0.34	3.20
بر(B)	mg/lit	0.12	0.14

جدول ۷- نتایج آب فاضلاب تصفیه شده ومقایسه با راهنمای کیفیت آب آبیاریFAO

Table 7- Comparison of results of the Yazd purified wastewater with FAO water quality standard

درجه بهره برداری برای آب آبیاری Degree of utilization For irrigation water	هدایت الکتریکی EC dS/m	بر B mg/l	کلر CL meq/l	سدیم Na meq/l	نسبت جذب سدیم SAR 3-6 EC	نسبت جذب سدیم SAR 0-3 EC
Fine خوب	< 0.7	< 0.7	< 4	< 3	> 1.2	> 0.7
Moderate متوسط	0.7-3	0.7-3	4-10	3-9	0.3-1.2	0.2-0.7
Unsuitable نامناسب	>3	>3	>10	>9	<0.3	<0.2
16/05/2013 پساب Wastewater	1.59	0.12	6.8	8.34	2.6	
21/02/2013 پساب Wastewater	1.32	0.14	6.5	8.34	3.3	

جدول ۸- نتایج مقایسه آماری شاخص‌های مدل IMDPA

Table 8- Statistical analysis of soil indices in IMDPA model

شاخص Index		مقدار معنی داری آزمون من- ویتنی Mann–Whitney Sig Value
Soil Depth	عمق خاک	0.00^{**}
EC	هدایت الکتریکی	0.00^{**}
Soil Texture	بافت خاک	0.737^{ns}
Deep gravel (%)	سنگریزه عمقی خاک	1.00^{ns}
Soil criterion final score	امتیاز نهایی معیار خاک	0.00^{**}

بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل شاخص‌های معیار خاک به روش وزنی در محدوده مطالعاتی بیان‌گر این است که در اراضی آبیاری شده با پساب، شاخص بافت خاک با میانگین وزنی ۳/۷۴ در کلاس بیابان-زایی خیلی شدید و شاخص‌های هدایت الکتریکی، عمق خاک و درصد سنگریزه عمقی به ترتیب با میانگین وزنی ۱/۲۳، ۱ و ۱ در کلاس شدت بیابان‌زایی کم قرار می‌گیرند. در نهایت معیار خاک با میانگین وزنی ۱/۲۱ در کلاس شدت بیابان‌زایی کم قرار می‌گیرد. در اراضی طبیعی منطقه نیز شاخص درصد سنگریزه عمقی با میانگین وزنی۱ در کلاس شدت بیابان‌زایی کم، شاخص عمق خاک با میانگین وزنی ۳/۰۶ در کلاس شدت بیابان‌زایی شدید و شاخص‌های هدایت الکتریکی و بافت خاک به ترتیب با میانگین وزنی ۴ و ۳/۹۳ در کلاس شدت بیابان‌زایی خیلی شدید قرار می‌گیرند. در این اراضی معیار خاک با متوسط وزنی ۲/۸۹ در کلاس شدت بیابان‌زایی شدید قرار دارد. همچنین با در نظر گرفتن تمامی محدوده مورد مطالعه (اراضی طبیعی و آبیاری شده)، شاخص درصد سنگریزه عمقی با میانگین وزنی ۱ در کلاس شدت بیابان‌زایی کم، شاخص عمق خاک با میانگین وزنی ۲/۹۶ در کلاس شدت بیابان‌زایی شدید و شاخص های هدایت الکتریکی و بافت خاک به ترتیب با میانگین وزنی ۳/۸۷ و ۳/۹۲ در کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید قرار می‌گیرند. معیار خاک با میانگین وزنی ۲/۸ درکلاس شدت بیابان‌زایی شدید واقع شده است.

با توجه به اطلاعات به دست آمده، قبل از اینکه اقدام به کشت درخت در محدوده تصفیه‌خانه شود، درصد بالایی ماسه‌بادی به خاک طبیعی منطقه اضافه شده است. در نتیجه همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد علی‌رغم شوری زیاد خاک منطقه، این شوری امکان انتقال به لایه‌های بالایی خاک را پیدا نکرده است.

همچنین با توجه به حجم فراوان آب در دسترس، حاصل از تصفیه فاضلاب، اقدام به آبشویی خاک شده است. لازم به ذکر است که خاک منطقه در اعماق مختلف دارای سخت لایه‌های نمکی و رسی بوده بنابر این امکان نفوذ این حجم زیاد آب به داخل خاک وجود ندارد. در نتیجه با توجه به شیب اراضی به سمت شمال، شوری موجود در خاک به همراه حجم فراوان پساب مصرفی در شمال منطقه به صورت مانداب تجمع یافته است.

در نهایت می‌توان گفت هرچند شدت بیابان‌زایی در مناطق آبیاری شده با پساب در محدوده مطالعاتی کمتر از اراضی طبیعی منطقه است، اما این موضوع ناشی از به هدر رفتن حجم زیادی از پساب با کیفیت مناسب و تبدیل بخش وسیعی از منطقه به مانداب است. اراضی طبیعی منطقه علاوه بر شوری دارای سدیم فراوانی است. به‌نظر می‌رسد حذف سخت لایه نمکی (به‌شکل مکانیکی و نه آبشویی) برای فراهم آوردن امکان اصلاح شرایط خاک و رشد ریشه ضروری است. شکستن این سخت لایه شور کافی نبوده و باید آن را از زمین خارج نمود و این اقدام از نظر اقتصادی در مقایسه با آبشویی مقرون به صرفه‌تر است. می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که اراضی طبیعی منطقه به‌منظور کشاورزی و جنگل‌کاری در شرایط فعلی مناسب نبوده و در صورتی‌که اقدام به آبیاری بر روی این اراضی شود، شوری از اعماق خاک به سطح منتقل شده و در آینده می‌تواند معضلات زیست‌محیطی را در منطقه پدید آورد.

با توجه به نتایج ، پیشنهاد می‌شود از گسترش جنگل‌کاری در محدوده اراضی تصفیه‌خانه قبل از خارج کردن سخت لایه‌های نمکی از خاک خودداری به‌عمل آید. در مورد فضای سبز موجود نیز لازم است با در نظر گرفتن نیاز آبی گونه‌های کاشته شده، در حد نیاز آنها اقدام به آبیاری شده و از رهاکردن حجم زیادی از پساب برای آبیاری جلوگیری شود.

باتوجه به این‌که پساب این تصفیه‌خانه دارای کیفیت قابل قبول برای آبیاری فضای سبز است، توصیه می‌شود به‌جای رها کردن پساب در اراضی اطراف تصفیه‌خانه، پساب تولیدی برای آبیاری فضای سبز شهری و همچنین گسترش پوشش گیاهی در اطراف جاده یزد-اردکان مورد استفاده قرار گیرد.

در صورتی‌که امکان حذف سخت‌لایه نمکی در تمام منطقه وجود ندارد، می‌توان با حفر چاله‌های ایزوله با خاک مجاور به‌همراه قرار دادن حفره انتهایی به‌عنوان زهکش و تعویض خاک درون چاله با خاک مناسب، اقدام به کشت گیاه کرد.

نتایج این تحقیق (برای اراضی آبیاری شده با پساب و کل محدوده مطالعاتی) با تحقیقی که توسط اسفندیاری (۱۳۸۸) جهت ارزیابی وضعیت بالفعل بیابان‌زایی در منطقه طشک (فارس) با استفاده از مدل IMDPA انجام شد و شاخص بافت خاک را به‌عنوان عامل اصلی افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه معرفی کرد، هماهنگی دارد (۹). همچنین در تحقیق انجام شده توسط شجاعی (۱۳۹۰) به‌منظور ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه ریگان کرمان، شاخص بافت خاک در بین شاخص‌های معیار خاک به‌عنوان موثرترین عامل در افزایش شدت بیابان‌زایی محدوده مورد مطالعه معرفی شد (۲۳). نتایج این تحقیق بیان‌گر کاهش شوری خاک در اثر آبیاری با پساب است و با نتایج مطالعه پیامد آبیاری با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شمال اصفهان بر ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های ناحیه برخوار هماهنگی دارد (۲۱). در مطالعه مذکور به کاهش کاهش شوری خاک بر اثر ۷ سال آبیاری با پساب اشاره شده است.

منابع

1- Arami A., Ownegh M., Berdi Sheikh V., and Honardoust F. 2012. Assessment of Desertification Intensity by IMDPA model using soil and vegetation indices by applying GIS (Case study: AlaGol plain, Golestan Province). First National Conference on Desertification (Science, Technology and Sustainable Development). International Desert Research Center of Tehran University, 17-18 June 2012, Tehran, (in Persian).

2- Bajwa S.A., Hira G.S., and Singh N.T. 1983. Effect of sodium and Bicarbonate Irrigation Waters on Sodium Accumulation and on Maize and Wheat Yields in Northern India. Irrigation Science, 4:191-199.

3- Behzadi M., Ownegh M., and Meftah Halaghi M. 2012. The effects of soil criteria in desertification of the Varamin plain using IMDPA model and GIS. 2nd Conference on Environmental Planning and Management (EPM), May, 15-16, 2012, Tehran. (in Persian)

4- Cameron D.R. 1997. Sustainable Effluent Irrigation Phase ll. Review of Monitoring Data, Moose Jaw. Technical Report, Prepared for Irrigation Sustainability Committee. Canada-Saskatchewan, Agriculture Green Plan.

5- Committee on the Use of Treated Municipal Wastewater Effluents and Sludge in the Production of Crops for Human Consumption. 1996. Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Crop Production. Water Science and Technology Board Commission on Geosciences. Environment and Resources, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.

6- Danesh Sh., and Alizadeh A. 2008. The use of wastewater in agriculture, opportunities and challenges. The First National Conference on the Status of Water Recycling and Waste Water in Water Resources Management. Sarvab Consulting Engineers, Mashhad (in Persian).

7- Dowlatshahi R. 2007. Preparation of desertification map applying IMDPA using water, Soil, and vegetation indices (Case study: South of Garmsar). MSc. Thesis Faculty of Natural Resources. Tehran University, (in Persian with English Abstract).

8- Ekhtesasi M. R., and Sepehr A. 2011. Methods and Models of Desertification Assessment and Mapping. Yazd University Publication, 286 pp, (in Persian).

9- Esfandiari M. 2009. Evaluation of active desertification by IMDPA model using water, soil and agriculture indices in the Tashk area of Fars province. MSc. thesis, Yazd University, 101 pp, (in Persian with English Abstract).

10- Hassanoghli A. R. 2001. The use of household waste and wastewater treatment in the irrigation of crops and artificial recharge of underground aquifers. PhD. Thesis in field of irrigation science and engineering, Tehran University (in Persian with English Abstract).

11- Hussain G., and Al-Saati J.A. 1999. Wastewater Quality and its Reuse in Agriculture in Saudi Arabia. Desalination, 123: 241-251.

12- Khai N. M. 2007. Effects of Using Wastewater and Biosolids as Nutrient Sources on Accumulation and Behaviour of Trace Metals in Vietnamese Soils, Ph.D. Thesis, Department of Soil Sciences. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

13- Kosmas C., Kirkby M., and Geeson N. 1999. The MEDALUS project– Mediterranean desertification and land use: Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification Project report. European Commission. EUR 1888. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities V.P:87

14- Koterba M.T., Hornbeek J.W., and Pierce R.S. 1979. Effect of sludge application on soil water solution and vegetation in a northern Harwood Stan. Journal of Environmental Quality, 8:72-78.

15- Mcghee T. J. 1991. Wastewater Supply and Sewerage. MC Grow-Hill Inc., 6th edition.

16- Pahlavanravi A., Moghaddamnia A. R., Rahi Gh., and Bahreini F. 2012. The role of water, soil and vegetation criteria in present status of desertification (Case study: Bordekhun Region, Boushehr). Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources,64 (4): 373-386, (in Persian with English Abstract).

17- Patterson R.A. 1996. Soil Hydraulic Conductivity and Domestic Wastewater. Water, Sciense and Technology, 43 (12): 103-108.

18- Pescod M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO. Irrigation and drainage Paper, No. 47, 113 P.

19- Rao K., 2006. Economic Sustainable Development and Mechanisms. Translator R., Yavari. Tehran University Press, 575 pp, (in Persian).

20- Rohani Shahraki F., Mahdavi R., and Rezaee M. 2005. Effect of Irrigation with Wastewater on Certain Soil Physical and Chemical properties Journal of Water and Wastewater, 16 (1): 23-29, (in Persian with English Abstract).

21- Safari Sanjabi A. A., and Hagrasuliha S.H. 2001. Effects of Irrigation with Secondary Effluent of North Isfahan

Sewage Refinery on Some Chemical Properties of Borkhar Region Soils. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 32(1): 79-88, (in Persian with English Abstract).

22- Shakerian N., Zehtabian Gh., Azarnivand H., and Khosravi H. 2012. Evaluation of current satus of desertification severity in Jarghooyeh region using IMDPA model (with emphasize on water, soil and vegetation cover criteria, Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources, 64 (4): 411-421, (in Persian with English Abstract).

23- Shojaee H. 2011. Assessment of desertification intensity in Rigan (Kerman) using the criteria of soil, water, vegetation and erosion of the IMDPA model. MSc Thesis, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, (in Persian with English Abstract).

24- Stevens D.P., McLaughlin M.J., and Smart M. K. 2003. Effects of Long-Term Irrigation with Reclaimed Water on Soils of the Northern Adelaide Plains, South Australia. Australian Journal of Soil Research. 41(5): 933-948.

25- Wang X., Chen F., and Dong Z. 2006. The relative role of climatic and human factors in desertification in semi-arid China. Environmental Change 16, 48-57.

26- Zehtabian Gh., Ahmadi H., Ekhtesasi M. R., and Khosravi H. 2007. Calibration of MEDALUS model to present regional model for desertification intensity (Case Study: Kashan). Journal of the Iranian Natural Resources, 60 (3): 727-744 (in Persian with English Abstract).

27- Zehtabian Gh., Razavi S. M., Masoudi R. and Khosravi H. 2012. Actual assessment of desertification, with an emphasis on two kinds of vegetation and soil criteria (Case study: Mighan playa). First National Conference on Desertification (Science, Technology and Sustainable Development), International Desert Research Center of Tehran University, 17-18 June 2012, Tehran, (in Persian with English Abstract).

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1506-1521

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن –اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۵۲۱-۱۵۰۶

Comparison of Desertification Intensity in the Purified Wastewater Irrigated Lands with Normal Lands in Yazd Using of Soil Criterion of the IMDPA Model

M. Yektafar[1]- M. Zare[2*]- M. Akhavan Ghalibaf[3]- S. R. Mahdavi Ardakani[4]

Received: 25-12-2013
Accepted: 17-08-2015

Introduction: Desertification, is a complex phenomenon, which as environmental, socio-economical, and cultural impacts on natural resources. According to the United Nations Convention to Combat Desertification defination, desertification is land degradation in arid, semi-arid, and dry sub-humid regions, resulting from climate change and human activities. Because of limiting access to qualified water resources in arid lands, it is necessary to use, all forms of acceptable water resources such as wastewater. Since irrigation with sewages has most effects on soil, in this research, desertification intensity of lands irrigated with sewages and natural lands of the area, where located near Yazd city, has been analyzed considering soil criterion of the Iranian Model for Desertification Potential Assessment (IMDPA). Several studies have done in Iran and in the world in order to provide national, regional or global desertification assessment models. A significant feature of the IMDPA is easily defining and measuring criteria, indicators, and ability of the model to use geometric means for the criteria and indicators.

Materials and Methods: In first step, In first step, in a random method, soil samples were taken in each of the defined land units with considering of the size of area. Next, all indices related to the soil criterion such as soil texture index, soil deep gravel percentage, soil depth, and soil electrical conductivity were evaluated in each land use (both irrigated lands and natural lands) and weighted considering the present conditions of the lands. Each index was scored according to the standard table of soil that categorized desertification. Then, geometry average of all indices were calculated and map of the desertification intensity of the study area were prepared. Thus, four maps were prepared according to each index. These maps were used to study both quality and effect of each index on desertification. Finally, these maps were integrated to prepare the final map that shows current status of desertification in the region by calculating geometric mean of all indices based on following formula:

$Q_S = [EC * STI * SDI * SGI]^{1/4}$

Where:

QS: Soil criteria score; EC: Electrical Conductivity index; STI: Soil texture index; SDI: Soil depth index and SGI: Soil deep gravel percentage index.

Integrating of thematic databases and spatial analyst and mapping were done using ESRI Arc GIS v.10 software. Statistical analyses such as Mann-Whitney and t-statistic were done using SPSS v.21 software for comparing land irrigated with wastewater and natural land area.

Results and Discussion: Results show that in the land irrigated with wastewater, soil texture index with weighted average of 3.74 classified in severe desertification intensity class, and soil depth gravel percent, soil depth, and soil electrical conductivity indices with weighted average of 1.23, 1, and 1, respectively were classified in low desertification class. In general, soil criteria with weighted average of 1.21 classified in low desertification class. In natural lands of the area, soil depth gravel percent index (1) classified in low intensity class, soil depth index (3.06) grouped in severe class, and soil electrical conductivity (4) and soil texture (3.93) indices with were classified in very high desertification intensity classes.

Conclusion: In natural lands, soil criteria with weighted average of 2.89 classified in severe desertification class. General results show that in the lands irrigated with sewages, soils tissue index and in the natural lands, soil electrical conductivity index are the most effective indices in increasing of desertification intensity. Totally, soil criteria with the weighted average of 2.8, which are grouped in the very high desertification intensity class, are the main factors affecting desertification in total study area. Totally, soils tissue index is the most effective index of increasing in intensity of desertification in the total study area. However, the intensity of desertifcation in the land irrigated with wastewater is lower than the desrtification intensity in the natural lands of the study area, but this issue caused by losing of large amounts of good quality purified wastewater and converting of a large part of the area to wetland which can craates numerous environmental problems in the region in future. Finally, it can be concluded that the natural land of the study area, are not suitable for afforestation and

1- MS.c of Arid Lands Management, Natural Resources and Watershed Management Organization of Isfahan Province, Isfahan, Iran
2 and 3- Assistant Professors, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Yazd, Iran
(*-Coresponding Author Email: mzernani@yazd.ac.ir)
4- Ph.D Student of Comating Desertification, Lecturer of the University of Applied Sciences, Mulla Sadra, Yazd, Iran

agriculture in present condition, and if the land is irrigatted, salinity of the soil depths transferred up to the surface and can be cause some environmental problems in thi region.

Keywords: Desertification Intensity, IMDPA Model, Soil Criterion, Purified Wastewater, Yazd