

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده کشاورزی

عنوان

ارزیابی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک اراضی فضای سبز
کارخانه فولاد مبارکه آبیاری شده با پساب صنعتی تصفیه شده

پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک

وحید مرادی نسب

استاد راهنما

دکتر مهران شیروانی



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم خاک آقای وحید مرادی نسب

تحت عنوان

**ارزیابی کیفیت خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک اراضی سبز
منطقه فولاد مبارکه آبیاری شده با پساب صنعتی تصفیه شده**

در تاریخ ۱۳۹۲/۹/۲۷ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت

- | | |
|----------------------|-----------------|
| دکتر مهران شیروانی | ۱- استاد راهنما |
| دکتر شمس اله ایوبی | ۲- استاد مشاور |
| دکتر محمد مهدی مجیدی | ۳- استاد مشاور |
| دکتر حسین شریعتمداری | ۴- استاد داور |
| دکتر مهدی قیصری | ۵- استاد داور |

دکتر محمد مهدی مجیدی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این
پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است

از مجتمع فولاد مبارکه اصفهان بخاطر تأمین
بخشی از هزینه‌های این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

شکر و قدردانی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

از پدر و مادر عزیزم، آن دو فرشته ای که از خواسته هایشان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند کمال تشکر و سپاس گذاری را دارم. به مصداق آیه «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر مهران شیروانی، استاد علم و اخلاق بخاطر راهنمایی های کار ساز و سازنده تقدیر و تشکر می نمایم.

از زحمات اساتید مشاور جناب آقایان دکتر ایوبی، دکتر مجیدی و دکتر مصدقی کمال سپاس گذاری را دارم. و از اساتید داور، جناب آقایان دکتر شریعتمداری و دکتر قیصری که زحمت بازخوانی و داوری پایانامه را عهده دار شدند تشکر می نمایم. از همکاری ها و مشورت های پرسنل فضای سبز مجتمع فولاد مبارکه، جناب آقایان مهندس بابایی و مهندس فاتح تشکر می نمایم.

از راهنمایی های ارزنده سرکارخانم دکتر بختیاری کمال تشکر و سپاس گذاری را دارم. از زحمات پرسنل آزمایشگاه های خاکشناسی آقایان مهندس مللی، مهندس رضایی، مهندس شاه سنایی، مهندس عرب زادگان و آقایان رحمتی و صفار در مدت حضور در آزمایشگاه تشکر می نمایم. یاد و خاطره دوستان عزیزم در دانشگاه صنعتی اصفهان همیشه در خاطرم تداعی کننده یکی از بهترین دوران عمرم است و برای همه این عزیزان از خداوند منان آرزوی موفقیت و پیروزی در همه مراحل زندگی شان را خواستارم.

در پایان امیدوارم، نه این پژوهش بلکه سایر تحقیقاتی که در این دانشگاه و دیگر دانشگاه های کشورمان انجام می شود بتواند راه گشای مشکلات خاکشناسی کشور عزیزمان ایران باشد. ان شاء الله.

وحید مرادی نسب

زمستان ۱۳۹۲

با کمال احترام و ادب تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

چکیده

امروزه مسئله تخریب خاک حدود یک سوم از سطح خشکی های زمین را متأثر نموده است. مدیریت نامناسب منابع طبیعی می تواند منجر به از بین رفتن این سرمایه ارزشمند شود و زندگی بشر را با مشکل جدی روبرو نماید. کیفیت خاک بر ظرفیت آن در حفظ و تداوم باروری بیولوژیک، حفظ کیفیت زیست محیطی و افزایش سلامتی گیاه، انسان و حیوان دلالت دارد. فعالیت های مدیریتی به درجات مختلف بر کیفیت خاک مؤثر است و این تأثیر می تواند مثبت و یا منفی باشد. ارزیابی کیفیت خاک ابزاری است که مدیران می توانند از آن برای بررسی مشکلات خاک در کوتاه مدت استفاده کنند و همچنین راه کارهای مدیریتی مناسبی را برای حفظ کیفیت خاک در بلند مدت اتخاذ نمایند. مجتمع فولاد مبارکه به دلیل بحران آب و جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی از پساب تصفیه شده به منظور آبیاری فضای سبز استفاده می نماید. این مطالعه برای آگاهی از تأثیر پساب بر کیفیت خاک در وضعیت فعلی و تصمیم گیری ها در آینده انجام گرفت. بدین منظور از ناحیه پياز رطوبتی درختان از سه عمق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متر از اراضی آبیاری شده با پساب (به مدت ۲، ۶ و ۱۸ سال)، آب چاه و خاک بدون آبیاری تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس ویژگی های شیمیایی خاک ها شامل pH، هدایت الکتریکی، درصد ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل تبادل، آهن، مس، روی، منگنز و نیکل (قابل دسترس)، آهن، مس، روی، منگنز و نیکل (کل)، ویژگی های فیزیکی خاک شامل بافت، درصد ظرفیت نگهداری آب و درصد رس قابل پراکنش و ویژگی های بیولوژیکی خاک ها شامل تنفس پایه میکروبی، آنزیم آلکالین فسفاتاز و شدت آمونیفیکاسیون آرجنین در نمونه های خاک برداشت شده به روش های استاندارد اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد pH خاک در اراضی آبیاری شده با پساب نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. شوری خاک در تیمارهای آبیاری شده با پساب با افزایش زمان نسبت به تیمار بدون آبیاری دارای روند افزایشی بود. درصد ماده آلی خاک در اراضی تحت آبیاری به دلیل استقرار پوشش جنگل مصنوعی نسبت به تیمار بدون آبیاری دارای افزایش معنی دار بود. آبیاری با پساب و آب چاه بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک تأثیر معنی داری نداشت. مقدار آهن، روی، مس و نیکل قابل دسترس خاک در اثر استفاده از پساب یک روند افزایشی را نشان داده بطوری که این خاک ها از نظر تغذیه گیاهی فاقد کمبود بر اساس مقادیر توصیه شده می باشد. مقدار مس، نیکل و روی کل خاک های تحت آبیاری بر اساس استاندارد و شاخص های آلاینده گی، در حد مجاز آلودگی بود. تنفس پایه میکروبی و آمونیفیکاسیون آرجنین به دلیل استقرار پوشش گیاهی و کیفیت پساب افزایش معنی داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان می دهد. بین تیمارهای آبیاری با پساب و آب چاه از نظر فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز به عنوان شاخص آلودگی خاک ها، تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بطور کلی مدیریت آبیاری و جنگل کاری در اراضی سبز مجتمع فولاد مبارکه موجب بهبود کیفیت خاک این اراضی شده ولی در مورد برخی از ویژگی های خاک از جمله شوری پایش و بهبود شرایط خاک ضروری است.

کلمات کلیدی: خاک، کیفیت خاک، پساب صنعتی تصفیه شده، مجتمع فولاد مبارکه

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>	
	فصل اول: مقدمه	
۱-۱-۱-۱-۱	خاک به عنوان پیکره طبیعی	
۲	۱-۱-۱-۲-۱-۱	کیفیت خاک
۳	۱-۱-۱-۳-۱-۱	پایش کیفیت خاک
۸	۱-۱-۱-۴-۱-۱	بحران آب در جهان و ایران
۸	۱-۱-۱-۵-۱-۱	استفاده از پساب ها در آبیاری اراضی
۹	۱-۱-۱-۵-۱-۱-۱	تعریف فاضلاب یا پساب
۹	۱-۱-۱-۵-۱-۲-۱-۱	انواع فاضلاب
۱۰	۱-۱-۱-۵-۱-۳-۱-۱	ضرورت جمع آوری و تصفیه فاضلاب
۱۰	۱-۱-۱-۵-۱-۴-۱-۱	کاربرد پساب ها در آبیاری اراضی: مزایا و محدودیت ها
۱۲	۱-۱-۱-۶-۱-۱	تأثیر آبیاری با پساب بر شاخص های کیفیت خاک
۱۴	۱-۱-۱-۶-۱-۱-۱	تأثیر پساب بر شاخص های شیمیایی کیفیت خاک
۱۴	۱-۱-۱-۶-۱-۲-۱-۱	تأثیر پساب بر شاخص های فیزیکی کیفیت خاک
۱۹	۱-۱-۱-۶-۱-۳-۱-۱	تأثیر پساب بر شاخص های بیولوژیکی کیفیت خاک
۲۰	۱-۱-۱-۷-۱-۱	ضرورت و اهداف پروژه
۲۳		فصل دوم: مواد و روش ها
۲۴	۱-۲-۱-۱	موقعیت منطقه
۲۴	۱-۲-۲-۱	اطلاعات آب و هوایی
۲۵	۱-۲-۳-۱	منابع آبی موجود در منطقه مبارکه
۲۶	۱-۳-۱-۱	آب های سطحی رودخانه زاینده رود
۲۶	۱-۳-۲-۱	منابع آب های زیرزمینی

۲۶	۴-۲- منابع آبی مورد استفاده در مجتمع فولاد مبارکه
۲۷	۵-۲- تصفیه خانه های مجتمع فولاد مبارکه
۲۸	۶-۲- ارزیابی نقشه ها و پیشینه آبیاری اراضی فضای سبز مجتمع فولاد مبارکه
۲۸	۷-۲- نحوه نمونه برداری
۳۰	۸-۲- نمونه برداری
۳۲	۹-۲- مطالعات آزمایشگاهی
۳۲	۱-۹-۲- آزمایشات فیزیکی
۳۴	۲-۹-۲- آزمایشات شیمیائی
۳۷	۳-۹-۲- آزمایشات بیولوژیکی
۳۸	۱۰-۲- آنالیز نمونه های آب
۳۸	۱۱-۲- پردازش داده ها
فصل سوم: نتایج و بحث	
۳۹	۱-۳- استانداردهای خاک و آب
۳۹	۲-۳- خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بکر (بدون آبیاری)
۴۰	۳-۳- کیفیت آب آبیاری
۴۳	۴-۳- اثرات آبیاری با پساب تصفیه شده و آب چاه بر خصوصیات شیمیایی خاک
۴۳	۱-۴-۳- pH خاک
۴۵	۲-۴-۳- هدایت الکتریکی (شوری) خاک
۴۸	۳-۴-۳- درصد ماده آلی
۵۰	۴-۴-۳- ظرفیت تبادل کاتیونی خاک
۵۲	۵-۴-۳- ازت کل
۵۴	۶-۴-۳- فسفر قابل دسترس خاک
۵۶	۷-۴-۳- پتاسیم قابل تبادل خاک
۵۸	۸-۴-۳- نسبت جذب سدیم خاک (SAR)

۶۰	..... ۹-۴-۳- آهن قابل دسترس خاک
۶۲	..... ۱۰-۴-۳- مس قابل دسترس خاک
۶۴	..... ۱۱-۴-۳- روی قابل دسترس خاک
۶۶	..... ۱۲-۴-۳- منگنز قابل دسترس خاک
۶۸	..... ۱۳-۴-۳- نیکل قابل دسترس خاک
۷۰	..... ۱۴-۴-۳- آهن کل خاک
۷۲	..... ۱۵-۴-۳- مس کل خاک
۷۴	..... ۱۶-۴-۳- روی کل خاک
۷۶	..... ۱۷-۴-۳- منگنز کل خاک
۷۸	..... ۱۸-۴-۳- نیکل کل خاک
۸۰	..... ۵-۳- ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک
۸۰	..... ۱-۵-۳- شاخص تجمع خاکی
۸۰	..... ۲-۵-۳- فاکتور آلایندگی
۸۱	..... ۶-۳- اثرات آبیاری با پساب تصفیه شده و آب چاه بر شاخص‌های کیفیت بیولوژیکی خاک
۸۱	..... ۱-۶-۳- تنفس پایه میکروبی
۸۳	..... ۲-۶-۳- فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز
۸۵	..... ۳-۶-۳- شدت آرجنین آمونیفیکاسیون
۸۸	..... ۷-۳- اثرات آبیاری با پساب تصفیه شده و آب چاه بر شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک
۸۸	..... ۱-۷-۳- ظرفیت نگهداری آب در خاک
۹۰	..... ۲-۶-۳- رس قابل پراکنش
فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها	
۹۲	..... ۱-۴- نتیجه‌گیری کلی
۹۳	..... ۲-۴- پیشنهادها

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
۱-۲- موقعیت مکانی مجتمع فولاد مبارکه نسبت به شهر اصفهان	۲۵
۲-۲- توزیع نقاط نمونه برداری در تصویر ماهواره‌های اراضی فضای سبز مجتمع	۲۹
۳-۲- نمونه برداری از ناحیه پیاز رطوبتی درختان	۳۱
۴-۲- انقطاع بافتی در عمق ۹۰ سانتیمتری	۳۱
۱-۳- مقایسه میانگین pH خاک بین تیمارهای مختلف	۴۴
۲-۳- مقایسه میانگین pH بین عمق‌های مختلف خاک	۴۵
۳-۳- مقایسه میانگین شوری خاک بین تیمارهای مختلف	۴۶
۴-۳- میانگین هدایت الکتریکی بین عمق‌های مختلف خاک	۴۷
۵-۳- مقایسه میانگین درصد ماده آلی خاک بین تیمارهای مختلف	۴۹
۶-۳- مقایسه میانگین درصد ماده آلی بین عمق‌های مختلف خاک	۵۰
۷-۳- مقایسه میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بین تیمارهای مختلف	۵۱
۸-۳- مقایسه میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی بین عمق‌های مختلف خاک	۵۲
۹-۳- مقایسه میانگین ازت کل خاک بین تیمارهای مختلف	۵۳
۱۰-۳- مقایسه میانگین ازت کل بین عمق‌های مختلف خاک	۵۴
۱۱-۳- مقایسه میانگین فسفر قابل دسترس خاک بین تیمارهای مختلف	۵۵
۱۲-۳- مقایسه میانگین فسفر قابل دسترس بین عمق‌های مختلف خاک	۵۵
۱۳-۳- مقایسه میانگین پتاسیم قابل تبادل خاک بین تیمارهای مختلف	۵۷
۱۴-۳- میانگین پتاسیم قابل جذب بین عمق‌های مختلف خاک	۵۷
۱۵-۳- مقایسه میانگین نسبت جذب سدیم بین تیمارهای مختلف	۵۹
۱۶-۳- مقایسه میانگین نسبت جذب سدیم بین عمق‌های مختلف خاک	۵۹
۱۷-۳- مقایسه میانگین آهن قابل دسترس خاک بین تیمارهای مختلف	۶۱
۱۸-۳- مقایسه میانگین آهن قابل دسترس بین عمق‌های مختلف خاک	۶۲

- ۶۳-۳-۱۹- مقایسه میانگین مس قابل دسترس خاک بین تیمارهای مختلف
- ۶۴-۳-۲۰- مقایسه میانگین مس قابل دسترس بین عمق‌های مختلف خاک
- ۶۵-۳-۲۱- مقایسه میانگین روی قابل دسترس بین تیمارهای مختلف
- ۶۶-۳-۲۲- مقایسه میانگین روی قابل دسترس بین عمق‌های مختلف خاک
- ۶۷-۳-۲۳- مقایسه میانگین منگنز قابل دسترس خاک بین تیمارهای مختلف
- ۶۸-۳-۲۴- مقایسه میانگین منگنز قابل جذب بین عمق‌های مختلف خاک
- ۶۹-۳-۲۵- مقایسه میانگین نیکل قابل دسترس بین تیمارهای مختلف
- ۷۰-۳-۲۶- مقایسه میانگین نیکل قابل جذب بین عمق‌های مختلف خاک
- ۷۱-۳-۲۷- مقایسه میانگین آهن کل خاک بین تیمارهای مختلف
- ۷۲-۳-۲۸- مقایسه میانگین آهن کل بین عمق‌های مختلف خاک
- ۷۳-۳-۲۹- مقایسه میانگین مس کل خاک بین تیمارهای مختلف
- ۷۴-۳-۳۰- مقایسه میانگین مس کل بین عمق‌های مختلف خاک
- ۷۵-۳-۳۱- مقایسه میانگین روی کل خاک بین تیمارهای مختلف
- ۷۶-۳-۳۲- مقایسه میانگین روی کل بین عمق‌های مختلف خاک
- ۷۷-۳-۳۳- مقایسه میانگین منگنز کل خاک بین تیمارهای مختلف
- ۷۸-۳-۳۴- مقایسه میانگین منگنز کل بین عمق‌های مختلف خاک
- ۷۹-۳-۳۵- مقایسه میانگین نیکل کل خاک بین تیمارهای مختلف
- ۸۰-۳-۳۶- مقایسه میانگین نیکل کل بین عمق‌های مختلف خاک
- ۸۱-۳-۳۷- مقایسه میانگین تنفس میکروبی خاک بین تیمارهای مختلف
- ۸۳-۳-۳۸- مقایسه میانگین تنفس پایه میکروبی بین عمق‌های مختلف خاک
- ۸۴-۳-۳۹- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز بین تیمارهای مختلف
- ۸۵-۳-۴۰- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز بین عمق‌های مختلف خاک
- ۸۷-۳-۴۱- مقایسه میانگین شدت آرجنین آمونیفیکاسیون بین تیمارهای مختلف
- ۸۷-۳-۴۲- مقایسه میانگین شدت آرجنین آمونیفیکاسیون بین عمق‌های مختلف خاک

- ۳-۴۳- مقایسه میانگین ظرفیت نگهداری آب در خاک بین تیمار مختلف ۸۹
- ۳-۴۴- مقایسه میانگین درصد ظرفیت نگهداری آب بین عمق‌های مختلف خاک ۸۹
- ۳-۴۵- مقایسه میانگین درصد رس قابل پراکنش بین تیمارهای مختلف ۹۰
- ۳-۴۶- مقایسه میانگین درصد رس قابل پراکنش بین عمق‌های مختلف خاک ۹۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
۱-۱- تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص‌های تعیین بحران آب	۹
۲-۱- حجم برداشت آب و تولید پساب بوسیله صنایع مختلف کشور	۱۲
۳-۱- پیش‌بینی حجم برداشت آب و تولید پساب بوسیله صنایع مختلف کشور	۱۳
۴-۱- میزان آلاینده‌گی براساس شاخص تجمع خاکی	۱۶
۵-۱- تقسیم‌بندی میزان آلاینده‌گی خاک بر حسب مقادیر فاکتور آلودگی	۱۶
۱-۳- مقادیر مجاز فلزات سنگین خاک بر اساس استاندارد آلاینده‌گی خاک‌ها برای جنگل و مرتع	۴۰
۲-۳- مقادیر مجاز پارامترهای کیفیت آب آبیاری آیرس و وسکات	۴۱
۳-۳- برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بکر (بدون آبیاری) مجتمع فولاد مبارکه	۴۲
۴-۳- برخی خصوصیات پساب تصفیه شده مجتمع فولاد مبارکه مورد استفاده در آبیاری اراضی فضای سبز	۴۳
۵-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر pH خاک	۴۴
۶-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر شوری خاک	۴۶
۷-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر درصد ماده آلی خاک	۴۸
۸-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک	۵۰
۹-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر ازت کل خاک	۵۲
۱۰-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر فسفر قابل دسترس خاک	۵۴
۱۱-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر پتاسیم قابل جذب خاک	۵۶
۱۲-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر نسبت جذب سدیم خاک (SAR)	۵۸
۱۳-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر آهن قابل دسترس خاک	۶۰
۱۴-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر مس قابل دسترس خاک	۶۲
۱۵-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر روی قابل دسترس خاک	۶۴
۱۶-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر منگنز قابل دسترس خاک	۶۷
۱۷-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر نیکل قابل دسترس خاک	۶۸

- ۱۸-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر آهن کل خاک ۷۰
- ۱۹-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر مس کل خاک ۷۳
- ۲۰-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر روی کل خاک ۷۴
- ۲۱-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر منگنز کل خاک ۷۶
- ۲۲-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر نیکل کل خاک ۷۸
- ۲۳-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری با پساب و آب چاه و خاک بکر بر تنفس پایه میکروبی خاک ۸۱
- ۲۴-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر آنزیم آلکالین فسفاتاز ۸۳
- ۲۵-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر شدت آرجنین آمونیفیکاسیون در خاک ۸۶
- ۲۶-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر ظرفیت نگهداری آب در خاک ۸۸
- ۲۷-۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری بر رس قابل پراکنش ۹۰

پیوست‌ها

عنوان	صفحه
۱- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر pH خاک	۹۶
۲- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	۹۶
۳- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر درصد ماده آلی خاک	۹۷
۴- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر ظرفیت تبادل کاتیونی	۹۷
۵- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر فسفر قابل دسترس خاک	۹۸
۶- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف پتاسیم قابل دسترس خاک	۹۸
۷- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر سدیم قابل جذب خاک	۹۹
۸- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر آهن قابل دسترس خاک	۹۹
۹- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر مس قابل دسترس خاک	۱۰۰
۱۰- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر روی قابل دسترس خاک	۱۰۰
۱۱- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر منگنز قابل دسترس خاک	۱۰۱
۱۲- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر نیکل قابل دسترس خاک	۱۰۱
۱۳- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر آهن کل خاک	۱۰۲
۱۴- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر روی کل خاک	۱۰۳
۱۵- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر مس کل خاک	۱۰۳
۱۶- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر منگنز کل خاک	۱۰۴
۱۷- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر نیکل کل خاک	۱۰۴
۱۸- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر تنفس پایه میکروبی خاک	۱۰۴
۱۹- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف فعالیت بر آنزیم آلکالین فسفاتاز خاک	۱۰۵
۲۰- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر شدت آمونیفیکاسیون آرژنین خاک	۱۰۵
۲۱- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر ظرفیت نگهداری آب در خاک	۱۰۶
۲۲- اثر متقابل بین عمق‌ها و تیمارهای مختلف بر درصد رس قابل پراکنش خاک	۱۰۶

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- خاک به عنوان پیکره طبیعی

زمانی تصور بر این بود که از مجموعه آفریدگانی چون انسان، جانوران، گیاهان و جماد، تنها انسان دارای شعور است. پژوهش‌های علمی به تدریج از وجود ادراک و شعور در میان جانوران پرده برداشت و تحقیقات اخیر نشان‌دهنده شعور و ادراک گیاهان است. منابع روایی و تفسیری نیز، ادراک و هوشمندی تمام اجزای جهان حتی جمادات را در مسیر زندگی و کمال جویی تصریح کرده‌اند. چنان که ملاصدرا در اسفار اربعه آن‌ها را دارای حیات، شعور و شوق به حق و علامه طباطبائی در تفسیر آیات ۹۴ و ۱۰۲ سوره اعراف آن‌ها را صاحب واکنش مناسب و آگاهانه دانسته‌اند. در چنین جهان‌بینی که تمام اجزای هستی از جاندار و بی‌جان دارای روح، ادراک و عقل هستند و در نظامی هدف‌دار و منظم غایتی ستوده را در مسیر کمال می‌پیمایند، خاک نیز یکی از این اجزا است [۵]. سطحی‌ترین لایه زمین که در آن گیاهان درختان می‌رویند و مهم‌ترین بستر زندگی روی خشکی، از جمله تعبیری از خاک هستند که در برخی منابع ذکر شده‌اند. خاک یک نماینده برجسته و تمام‌عیار از همه عوامل طبیعی و انسانی است که به نحوی روی کره زمین فعال هستند و همچنین می‌تواند دربرگیرنده مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی باشد. به‌طور طبیعی در هر ۳۰۰ سال، فقط حدود ۲۵ میلی‌متر خاک تولید می‌شود.

امروزه از یک سو نیاز به زمین‌های کشاورزی در حال افزایش است و از سوی دیگر، تمدن کنونی بسیاری از این زمین‌های از دست رفته را بازیافت ناپذیر نموده است. زمین‌های قابل کشت به دلیل فرآیندهای مختلف تخریب خاک، به طور پیوسته در حال کاهش هستند. این فرآیندها شامل فرسایش بادی و آبی، شور و قلیایی شدن، فشرده شدن و سخت شدن لایه‌های سطحی، کاهش مواد آلی خاک و عدم تعادل میان عناصر غذایی خاک است. امروزه مسئله تخریب خاک حدود یک سوم از سطح خشکی‌های زمین را متأثر نموده است. مدیریت نامناسب منابع طبیعی می‌تواند منجر به از بین رفتن این سرمایه ارزشمند شود و زندگی بشر را با مشکل جدی روبرو نماید [۴].

۱-۲- کیفیت خاک

خاک به عنوان بستر رشد و به عنوان یک فیلتر به ترتیب می‌تواند محل ذخیره عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه و حافظ کیفیت خود، هوا و آب باشد. فعالیت‌های بیولوژیکی به منظور تجزیه بقایای گیاهی و حیوانی در خاک انجام می‌گیرند. خاک در تثبیت کربن و تعادل تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای مربوط به فعالیت‌های بشر نقش اساسی ایفا می‌کند. فعالیت‌های بشر، نقش خاک را در سیستم‌های طبیعی و مدیریت شده تحت تأثیر قرار می‌دهند. حفظ این وظایف و نقش‌های طبیعی خاک برای حفظ زیست‌محیط‌ها و تنوع زیستی لازم است [۳۹].

کیفیت خاک بر ظرفیت آن در حفظ و تداوم باروری بیولوژیکی، حفظ کیفیت زیست‌محیطی و افزایش سلامتی گیاه، انسان و حیوان دلالت دارد. اعمال فعالیت‌های مدیریتی به درجات مختلف بر کیفیت خاک مؤثر است و این تأثیر می‌تواند مثبت و یا منفی باشد. هرگونه مدیریت نادرست می‌تواند منجر به تخریب کیفیت خاک گردد. تأثیر فعالیت‌های مدیریتی را بر خاک با کنترل کیفیت خاک می‌توان ارزیابی نمود. کیفیت خاک به عنوان یک ابزار مناسب به منظور پایش نقش‌های خاک و پایداری یک اکوسیستم به کار می‌رود. در سیستم‌های مدیریت شده، خاک‌ها به منظور تولید غذا، علوفه و الیاف مورد نیاز جامعه مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. به علاوه تولیدکننده‌ها و سایر مدیران زمین ممکن است شاخص‌های کیفیت خاک را به منظور ارزیابی نتایج مورد انتظار از مدیریت خاک نظیر افزایش استعداد یک خاک برای یک استفاده ویژه به کار برند. ارزیابی کیفیت خاک ابزاری است که مدیران می‌توانند از آن برای بررسی مشکلات خاک در کوتاه مدت استفاده کنند و همچنین راه کارهای مدیریتی مناسبی را برای حفظ کیفیت خاک در بلند مدت اتخاذ نمایند [۶].

برای کیفیت خاک تعریف‌های متعددی ارائه شده است. در یک تعریف برای توصیف کیفیت خاک فرآیندهای نامطلوب برای شرایط خاک نظیر فرسایش، کاهش مواد آلی، زهکشی ضعیف، فشردگی، pH نامتعادل و فعالیت بیولوژیک کم بررسی می‌شوند. در تعریف دیگری، کیفیت خاک بر اساس سه جزء حاصلخیزی، کیفیت زیست‌محیطی و سلامت گیاه، حیوان و انسان ارزیابی می‌شود. به‌طور اختصاصی، کیفیت خاک، ظرفیت آن در عمل به وظایف خود می‌باشد. بنابراین، برداشت مردم از کیفیت خاک بسته به نوع استفاده آن‌ها از خاک متفاوت است. به‌عنوان مثال، از نظر کشاورزان خاک با کیفیت، خاکی حاصلخیز با توانایی حفظ و بهبود توان تولید، افزایش سود و حفظ منابع خاک برای نسل آینده است. تعریف کارشناسان محیط زیست از کیفیت خاک، عمل به وظایف خاک در محدوده ظرفیت خود در یک اکوسیستم و بهبود تنوع زیستی، کیفیت آب، چرخه عناصر و تولید زیست‌توده است [۴۱]. بر اساس تعریف انجمن علوم خاک آمریکا، کیفیت خاک عبارت است از ظرفیت و استعداد یک نوع خاک به-خصوص که نقش خود را در محدوده‌های اکوسیستم طبیعی یا مدیریت شده انجام می‌دهد، بهره‌گیری گیاه و حیوان را به‌طور پایداری تأمین می‌کند، کیفیت آب و هوا را ثابت نگاه‌داشته و یا افزایش می‌دهد و سلامت انسان و محیط زندگی او را تأمین می‌نماید [۳۴].

خاک دارای کیفیت ذاتی و دینامیکی است. کیفیت ذاتی خاک، توانایی طبیعی خاک در عمل به وظایف خود است. به‌عنوان مثال، خاک‌های شنی سریع‌تر از خاک‌های رسی زهکشی می‌شوند. خاک عمیق در مقایسه با خاک سطحی و چسبیده به سنگ بستر، فضای بیشتری برای ریشه‌ها فراهم می‌نماید. این مشخصه‌ها به راحتی تغییر نمی‌یابند. کیفیت دینامیک خاک عبارت است از نحوه تغییر خاک با مدیریتی که روی آن اعمال می‌شود. مدیریت‌های مختلف بر ماده آلی، ساختمان، عمق خاک، ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی اثر دارند. خاک‌ها بسته به خواص و مشخصه‌های ذاتی آنها و محیط اطراف، عکس‌العمل‌های متفاوتی به مدیریت نشان می‌دهند [۴۱].

پانخورست و همکاران (۱۹۹۷) سه نقش اکولوژیک و سه نقش انسانی را برای معرفی شکل پایدار کیفیت خاک پیشنهاد کرده‌اند. نقش‌های اکولوژیک شامل تولید زیست‌توده، لیاف، غذا و انرژی می‌باشند. خاک همانند یک صافی عالی عمل کرده و امکان تبدیل و تغییر ماده را فراهم می‌کند تا محیط، آب‌های زیرزمینی و زنجیره غذایی از آلودگی حفظ گردند. خاک به‌عنوان یک مکان بیولوژیک و مخزن ژنتیکی، بسیاری از گیاهان، حیوانات و میکروارگانیسم‌ها را ر خود نگاه می‌دارد. بر اساس نقش‌های انسانی، خاک به‌عنوان تکیه‌گاهی فیزیکی همانند پایه‌ای محکم برای تأسیسات صنعتی و فنی و