دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

تبدیل ضایعات کشاورزی به بیوچار وکاربرد آن در جذب سرب و کادمیم از محلول‌های آبی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد - آلودگی محیط‌زیست

رسول جزینی درچه

اساتید راهنما

دکتر محسن سلیمانی

دکتر نوراله میرغفاری

۱۳۹۳

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته آلودگی‌های محیط زیست آقای رسول جزینی درچه

تحت عنوان:

تبدیل ضایعات کشاورزی به بیوچار و کاربرد آن در جذب سرب و کادمیم از محلول‌های آبی

در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۱۳ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر محسن سلیمانی
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر نوراله میرغفاری
۳- استاد داور	دکتر امیدوار فرهادیان
۴- استاد داور	دکتر جهانگیر عابدی کوپایی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر محمد رضا وهابی

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. لذا اکنون که در سایه سار بنده نوازی هایش پایان نامه ی حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگر شان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی رسید.

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر محسن سلیمانی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند. از استاد فرهیخته و فرزانه؛ جناب آقای دکتر نورالله میرغفاری که زحمت راهنمایی این پایان نامه را متحمل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید، صمیمانه تشکر می کنم.

از اساتید گرانقدرم؛ جناب آقای دکتر فرهادیان و جناب آقای دکتر عابدی که زحمت باز خوانی و داوری این پایان نامه را پذیرفت اند، صمیمانه سپاسگذارم.

همچنین از جناب آقای مهندس احمدرضا تقی پور که در طول انجام این تحقیق از کمک های خالصانه شان بهره بردم سپاسگزارم.

سپاس آخر را به مهربان ترین همراهان زندگیم، به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند.

رسول جزینی درچه

زمستان ۱۳۹۳

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

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز، هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

ره آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پر مهرتان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست ..... هشت
چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- اهداف ۴
۱-۳- فرضیات ۴

فصل دوم: کلیات و بررسی منابع

۲-۱- تغییرات اقلیم و اثرات آن ۵
۲-۲-آثار و پیامدهای گرمایش جهانی ۶
۲-۲-۱- آب شدن یخچالهای قطبی و بالا آمدن سطح آب اقیانوس ها ۶
۲-۲-۲- تغییر اکوسیستم‌ها ۶
۲-۲-۳- گسترش بیماری ۷
۲-۲-۴- کاهش کیفیت محصولات کشاورزی ۷
۲-۳- سوزاندن بقایای کشاورزی به عنوان یک عامل تشدید کننده‌ی گرمایش جهانی ۷
۲-۴- آثار سوزاندن بقایای کشاورزی ۸
۲-۴-۱- اثر بر فرسایش و خصوصیات فیزیکی خاک ۸
۲-۴-۲- اثر بر مواد معدنی و حاصلخیزی خاک ۸
۲-۴-۳- اثر بر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز ۸
۲-۴-۴- اثر بر زوال بیولوژیکی خاک ۸
۲-۴-۵- اثر بر محیط زیست ۹
۲-۵- بیوچار به عنوان ابزاری برای کاهش اثر تغییرات اقلیم ۹
۲-۶- روش های مشارکت بیوچار در کاهش اثرات تغییر اقلیم ۱۰
۲-۶-۱- اجتناب از انتشار گازهای گلخانه ای به‌وسیله استفاده‌ی مرسوم از مواد خام اولیه ۱۰

۲-۶-۲- تثبیت کربن زی توده ۱۰
۲-۷- کاربردهای دیگر بیوچار ۱۲
۲-۷-۱- استفاده از بیوچار به عنوان بهبود دهنده‌ی کیفیت خاک ۱۲
۲-۷-۲- استفاده از بیوچار به منظور مدیریت مواد زاید ۱۴
۲-۷-۳- استفاده از بیوچار به منظور تولید انرژی ۱۵
۲-۷-۴- استفاده از بیوچار به عنوان جاذب آلاینده ها ۱۵
۲-۸- ضرورت جذب آلاینده ها از پساب ۱۶
۲-۹- فلزات سنگین ۱۸
۲-۱۰- فناوری‌های مرسوم برای حذف فلزات سنگین ۲۰
۲-۱۰-۱- ته نشینی شیمیایی ۲۰
۲-۱۰-۲- تبادل یون ۲۰
۲-۱۰-۳- فناوری غشایی ۲۰
۲-۱۰-۴- انعقاد و لخته سازی ۲۱
۲-۱۰-۵- تصفیه الکتروشیمیایی ۲۱
۲-۱۰-۶- جذب سطحی ۲۲
۲-۱۰-۷- جداسازی فلزات سنگین به روش حذف زیستی ۲۳
۲-۱۱- سازوکارهای جذب زیستی ۲۴
۲-۱۱-۱- جابجایی در سراسر غشاء سلولی ۲۵
۲-۱۱-۲- کمپلکس شدن ۲۵
۲-۱۱-۳- کئوردیناسیون ۲۶
۲-۱۱-۴- تبادل یونی ۲۶
۲-۱۱-۵- آهن زدایی ۲۶
۲-۱۱-۶- ته نشینی در مقیاس میکرو..... ۲۶
۲-۱۲- مدل های تعادلی جذب زیستی ۲۶

۲-۱۳- احیاء زیست جاذب ها و استفاده مجدد از آن‌ها ۲۷
۲-۱۴- بیوچار به عنوان یک جاذب زیستی ۲۸
۲-۱۵- مزایای به کارگیری فرایند جذب زیستی ۲۸
۲-۱۶- عوامل موثر بر جذب زیستی ۲۹
۲-۱۶-۱- pH محلول ۲۹
۲-۱۶-۲- غلظت اولیه جذب شونده ۲۹
۲-۱۶-۳- دما ۲۹
۲-۱۶-۴- مقدار جاذب در محلول ۲۹
۲-۱۶-۵- حضور یون های رقیب در محلول ۲۹
۲-۱۶-۶- زمان تماس ۳۰
۲-۱۶-۷- اثر اندازه ذرات جاذب ۳۰
۲-۱۷- ضرورت تبدیل ضایعات به بیوچار ۳۰
۲-۱۸- مروری بر مطالعات انجام شده در حذف فلزات سنگین از محلول های آبی به وسیله‌ی بیوچار..... ۳۱

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده ۳۶
۳-۲- مراحل آماده سازی و تهیه بیوچار ۳۶
۳-۲-۱- برداشت و جمع آوری ضایعات کشاورزی ۳۶
۳-۲-۲- تولید بیوچار ۳۷
۳-۳- مشخصه یابی بیوچارهای تولید شده ۳۷
۳-۳-۱- بازدهی تولید بیوچار ۳۷
۳-۳-۲- آنالیز تقریبی ۳۸
۳-۳-۳- تعیین مقادیر pH ۳۹
۳-۳-۴- تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی ۳۹
۳-۳-۵- پیش آزمون جذب ۴۰

۳-۴- انتخاب بهترین جاذب ۴۰
۳-۵- تعیین ویژگی های کاه جو ۴۰
۳-۵-۱- تصویربرداری و آنالیز با میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۰
۳-۵-۲- آنالیز عنصری ۴۱
۳-۵-۳- محاسبه‌ی درصد اکسیژن و نسبت های اتمی ۴۱
۳-۵-۴- محاسبه ارزش حرارتی ۴۱
۳-۵-۵- آنالیز تعیین سطح ویژه و اندازه‌ی منافذ ۴۱
۳-۶- بررسی تاثیر عوامل مختلف در فرایند جذب سرب و کادمیم ۴۲
۳-۶-۱- اثر pH ۴۲
۳-۶-۲- اثر مقدار جاذب ۴۲
۳-۶-۳- اثر غلظت اولیه محلول ۴۲
۳-۶-۴- اثر زمان تماس ۴۲
۳-۷- آزمایش جذب و واجذب با شرایط بهینه ۴۳
۳-۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۴۳

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- آماده سازی و تهیه‌ی بیوچار ۴۴
۴-۱-۱- اثر تغییرات دما بر بازدهی بیوچار تولید شده ۴۴
۴-۱-۲- آنالیز تقریبی ۴۵
۴-۱-۳- pH بیوچارهای تولیدی در دماهای مختلف ۴۶
۴-۱-۴- ظرفیت تبادل کاتیونی بیوچارهای تولید شده در دماهای مختلف ۴۷
۴-۱-۵- پیش آزمون جذب ۴۸
۴-۲- کنترل و بررسی تغییرات کیفیت بیوچار کاه جو ۵۱

۴-۲-۱-آنالیز عنصری ۵۱
۴-۲-۲- درصد اکسیژن و نسبت های اتمی ۵۱
۴-۲-۳- ارزش حرارتی ۵۲
۴-۲-۴- ویژگی های سطحی و ساختار حفره‌ای بیوچار ۵۳
۴-۲-۵- تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی روبشی ۵۶
۴-۳- تاثیر عوامل موثر بر جذب سرب و کادمیم توسط بیوچار اصل از کاه‌جو در ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد ۵۹
۴-۳-۱- اثر pH ۵۹
۴-۳-۲- اثر مقدار جاذب ۶۰
۴-۳-۳- اثر غلظت اولیه ۶۱
۴-۳-۴- اثر زمان تماس ۶۲
۴-۴- آزمایش جذب و واجذب ستونی با شرایط بهینه ۶۳
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۵-۱- نتیجه‌گیری ۶۴
۵-۲- پیشنهادها ۶۵
مراجع ۶۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- انواع فرایندهای غشایی برای حذف آلودگی ۲۱

جدول ۲-۲- فناوری های مرسوم برای حذف فلزات سنگین ۲۳

جدول ۳-۱- مشخصات شیمیایی نمک‌های سرب و کادمیم استفاده‌شده در این تحقیق ۳۶

جدول ۳-۲- دستگاه های مورد استفاده در این تحقیق ۳۶

جدول ۴-۱- نتایج آنالیز تقریبی مواد اولیه مختلف و بیوچار تولیدی در دماهای مختلف در این تحقیق ۴۶

جدول ۴-۲- بررسی میانگین(به همراه خطای استاندارد) ظرفیت تبادل کاتیونی مواد اولیه مختلف و بیوچار تولیدی در دماهای مختلف ۴۸

جدول ۴-۳- نتایج آنالیز عنصری ماده‌ی اولیه کاه جو و بیوچار تولید شده از آن در دماهای مختلف..... ۵۱

جدول ۴-۴- مقادیر درصد اکسیژن و نسبت‌های اتمی در بیوچارهای کاه جو در دماهای مختلف و ماده‌ی خام آنها ۵۲

جدول ۴-۵- مقادیر ارزش حرارتی ناخالص ماده‌ی اولیه کاه جو و بیوچار کاه جو تولید شده در ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد..... ۵۲

جدول ۴-۶- ویژگی ها و ساختار حفرات ماده‌ی خام و بیوچارهای کاه‌جو در دماهای مختلف..... ۵۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- مقایسه بین کاربرد زی توده به طور مستقیم و بیوچار در خاک و
مقدار کربن خاک بعد از گذشت ۱۰۰ سال ۱۱

شکل ۲-۲- توسعه ی ساختار بیوچار با افزایش دما ۱۶

شکل ۲-۳- ساز وکارهای جذب زیستی بر اساس وابسته بودن به متابولیسم سلول‌ها ۲۴

شکل ۲-۴- ساز وکارهای جذب زیستی بر اساس محلی که فلز حذف‌شده در آن یافت شده است..... ۲۵

شکل ۲-۵- رابطه‌ی بین تولید بیوچار، بازیافت مواد زاید و پالایش محیط‌زیست ۳۰

شکل ۳-۱- مراحل انجام تحقیق ۳۵

شکل ۳-۲- (الف)کوره پیرولیز مورد استفاده برای تولید بیوچار در آزمایشگاه آلودگی‌های محیط زیست
دانشگاه صنعتی اصفهان، (ب) مخزن کربونیزاسیون ۳۷

شکل ۴-۱- بازدهی بیوچار تولیدی از کاه جو(الف)، سبوس برنج (ب)، کاه گندم (ج)، خاک اره(د) ۴۵

شکل۴-۲- بررسی میانگین(به همراه خطای استاندارد) روند تغییرات pH نمونه های بیوچار با تغییرات دما
در مقایسه با ماده خام اولیه ۴۷

شکل۴-۳- مقایسه میانگین(به همراه خطای استاندارد) جذب فلز سرب بوسیله ی بیوچارهای تولید شده
و مواد اولیه بین هر تیماردر دماهای مختلف..... ۴۹

شکل۴-۴- مقایسه میانگین(به همراه خطای استاندارد) جذب فلز سرب بوسیله ی بیوچارهای تولید شده
و مواد اولیه تیمارهای مختلف در دمای یکسان..... ۴۹

شکل ۴-۵- مقایسه میانگین(به همراه خطای استاندارد) جذب فلز کادمیم بوسیله ی بیوچارهای تولید شده
و مواد اولیه بین هر تیماردر دماهای مختلف ۵۰

شکل۴-۶- مقایسه میانگین(به همراه خطای استاندارد) جذب فلز کادمیم بوسیله ی بیوچارهای تولید شده
و مواد اولیه تیمارهای مختلف در دمای یکسان ۵۰

شکل۴-۷- انواع ایزوترم های جذب و واجذب طبق طبقه بندی آیوپاک..... ۵۴

شکل ۴-۸- منحنی های جذب و واجذب نیتروژن در ۷۷ درجه کلوین برای نمونه های جاذب: الف) ماده ی خام
ب) بیوچار کاه جو ۳۰۰ درجه ج) بیوچار کاه جو ۴۰۰ درجه د) بیوچار کاه جو ۵۰۰ درجه ۵۵

شکل ۴-۹- مشخصات سطحی بدست آمده از روش BJH برای جاذب ها: الف) ماده ی خام
ب) بیوچار کاه جو ۳۰۰ درجه ج) بیوچار کاه جو ۴۰۰ درجه د) بیوچار کاه جو ۵۰۰ درجه ۵۶

شکل ۴-۱۰- تصویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه ی خام کاه جو با بزرگنمایی ۵۰۰x ۵۷

شکل۴-۱۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه ی بیوچارکاه جو ۵۰۰ درجه سانتی گراد با بزرگنمایی ۵۰۰x ۵۷

شکل ۴-۱۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه ی بیوچارکاه جو ۴۰۰ درجه سانتی گراد با بزرگنمایی ۱۵۰۰x..... ۵۸

شکل ۴-۱۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه ی بیوچارکاه جو ۳۰۰ درجه سانتی گراد با بزرگنمایی ۸۰۰x ۵۸

شکل ۴-۱۴- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب سرب به‌وسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتی گراد با تغییرات pH ۶۰

شکل ۴-۱۵- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب کادمیم به‌وسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتی گراد با تغییرات pH ۶۰

شکل ۴-۱۶- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب سرب به‌وسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتی گراد با تغییرات مقدار جاذب ۶۱

شکل۴-۱۷- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب کادمیم به‌وسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتی گراد با تغییرات مقدار جاذب ۶۱

شکل۴-۱۸- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب سرب به‌وسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتی گراد با تغییرات غلظت اولیه ۶۲

شکل۴-۱۹- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب کادمیم به‌وسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتی گراد با تغییرات غلظت اولیه ۶۲

شکل۴-۲۰- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب سرب به‌وسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتی گراد با تغییرات زمان تماس ۶۳

شکل۴-۲۱- میانگین(به همراه خطای استاندارد) تغییرات جذب کادمیم بوسیله ی بیوچار کاه جو تولیدی
در ۵۰۰ درجه سانتیگراد با تغییرات زمان تماس ۶۳

چکیده

فعالیت‌های انسانی در دهه‌های اخیر اثرات منفی بر کیفیت محیط زیست داشته است. سوزاندن ضایعات کشاورزی به‌جامانده پس از برداشت محصول باعث انتشار گازهایی نظیر مونواکسیدکربن، دی اکسیدکربن، اکسید نیتروژن و سایر گازهای گلخانه ای به اتمسفر شده که از عوامل اصلی آسیب رساننده به لایه ازن، گرمایش جهانی و تغییر اقلیم هستند. راهکارهای نوینی برای کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفر ارایه شده است که یکی از آنها تثبیت کربن مواد آلی بوسیله‌ی تولید بیوچار است. بیوچار یک ترکیب کربنی است که از فرایند پیرولیز (حرارت دهی در غیاب و یا کمبود اکسیژن محیط) حاصل می‌گردد. با توجه به مشکلات سوزاندن بقایا در کشور و اهمیت ارایه یک راهکار مناسب جایگزین، این مطالعه با هدف تبدیل انواع مختلف ضایعات کشاورزی به بیوچار و بررسی پتانسیل آنها به عنوان جاذب فلزات سنگین در محیط‌های آبی انجام شد. ضایعات کشاورزی مورد استفاده در این مطالعه شامل کاه گندم، کاه جو، سبوس برنج و خاک اره بودند که در ابتدا از طریق کوره‌ی پیرولیز با اتمسفر گاز نیتروژن در سه دمای ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به بیوچار تبدیل و سپس پارامترهای مختلفی نظیر درصد بازدهی تولید بیوچار، رطوبت، خاکستر، مواد فرار و کربن تثبیت شده، همچنین مقادیر pH برای بیوچارهای تولید شده و ماده‌ی خام آنها اندازه‌گیری شد. سپس با درنظر گرفتن نتایج جذب سرب و کادمیم (غلظت ۱۰ و۲ میلی‌گرم بر لیتر) و بیوچار کاه‌جو تولید شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان بیوچار بهینه برای بررسی روند تغییرات کیفیت بیوچار با افزایش دما انتخاب و روند تغییرات کیفیت بیوچار به وسیله‌ی انجام آنالیزهای عنصری، تعیین سطح ویژه و اندازه منافذ (BET) و تصویربرداری به‌وسیله‌ی میکروسکوپ الکترونی (SEM) مورد بررسی قرار گرفت. در انتها، فاکتورهای مختلف موثر در جذب نظیر pH (۸،۷،۶،۵،۴)، مقدار جاذب (۰/۱، ۰/۵، ۱، ۲ گرم بر لیتر)، غلظت اولیه فلزات سرب(۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و کادمیم(۰/۱، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) در محلول و زمان تماس(۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۱۲۰ دقیقه) بررسی و با استفاده از مقادیر بهینه به دست آمده آزمایش جذب و واجذب ستونی برای هر دو فلز سرب و کادمیم انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش دما بازدهی تولید بیوچار، درصد رطوبت و مواد فرار در انواع بیوچارهای تولید شده کاهش و درصد خاکستر، کربن تثبیت شده و pH نمونه ها افزایش یافت. نتایج آنالیز BET و تصویربرداری SEM بیوچار کاه جو نشان داد که با افزایش دما تا ۴۰۰ درجه سانتی گراد، سطح ویژه افزایش و سپس تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد کاهش یافت. همچنین اندازه ی حفرات در بیوچار تولید شده در دمای ۵۰۰ درجه در ابعاد مزوحفره قرار داشت. با افزایش دما از ۳۰۰ به ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد حفرات در سطح نمونه‌های بیوچار بوجود آمد. بررسی عوامل مختلف موثر در جذب سرب و کادمیم توسط بیوچار کاه جو تولید شده در ۵۰۰ درجه سانتیگراد نشان داد که شرایط بهینه ی جذب در۶ =pH و مقدار جاذب ۱ گرم بر لیتر برای جذب هر دو فلز و غلظت ۱ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر کادمیم و سرب و زمان تماس ۴۵ دقیقه بود. همچنین نتایج حاصل از آزمایش‌های ستونی در شرایط بهینه نشان داد که جذب فلزات سرب و کادمیم به‌وسیله نمونه بیوچار به ترتیب حدود، ۳۳ و ۲۹ درصد بود. همچنین درصد واجذب نمونه پس از مرحله ی احیاء توسط آب مقطر برای فلزات سرب و کادمیم، ۵/۶ و ۸/۹ درصد به‌دست آمد. بنابراین بیوچار حاصل از ضایعات کشاورزی پتانسیل قابل توجهی برای جذب فلزات سرب و کادمیم از محیط‌های آبی دارند.

کلمات کلیدی: بیوچار، تغییر اقلیم، ضایعات کشاورزی، جذب سطحی، فلزات سنگین

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

افزایش جمعیت کره‌ی زمین باعث تغییر کاربری زمین، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع گردیده که یکی از تبعات مختلف آن پدیده‌ی تغییر اقلیم[1] است که بواسطه انتشار روزافزون گازهای گلخانه‌ای است[۶۴].

گازهای گلخانه‌ای مجموعه‌ای از گازها است که مقداری از انرژی خورشید را در جو زمین نگه داشته و باعث گرم شدن جو می‌گردد. گازهای گلخانه‌ای به طور طبیعی موجود در جو زمین است اما فعالیت‌های انسانی و آلودگی‌های ناشی از این فعالیت‌ها، مقدار گازهای مذکور را به طور غیرطبیعی افزایش داده و در نتیجه گرمای ناشی از اشعه‌ی خورشید در جو زمین را محبوس و دمای کره‌ی زمین را افزایش می‌دهد. امروزه افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به حد غیرقابل پیشگویی رسیده و سبب تغییر اقلیم شده که خود به عنوان یک تهدید جدی است. برای مثال، غلظت دی اکسید کربن اتمسفری از ۲۸۰ میلی گرم در لیتر در قبل از انقلاب صنعتی به ۳۷۹ میلی گرم در لیتر در سال ۲۰۰۵ رسیده است[۳۴].

مجموع انتشار دی اکسید کربن اتمسفری فعلی در سطح جهان حدود ۳۰ گیگاتن (۳۰ میلیارد تن) در سال است. این رقم ۱۰ برابر میزان نفتی است که روزانه در کل جهان جابجا می شود[۳۴]. بی تردید، انتظار نمی رود میزان انتشار فعلی به صفر برسد و یا یک فناوری به تنهایی قادر به انجام آن باشد، اما نمایی از اندازه مشکل را به ما ارائه می کند. امروزه راهکارهای فراوانی برای کاهش تغییرات اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرد که استفاده از مواد تثبیت کننده‌ی کربن نظیر بیوچار یکی از آنهاست. بیوچار[2] یک باقیمانده‌ی جامد حاوی کربن است که در شرایط گرمایی ویژه و در شرایط محدود اکسیژن و درجه حرارت پایین (۷۰۰ درجه سانتی‌گراد>) تولیدشده که این فرایند تحت عنوان پیرولیز در دمای کم است و

[1] Climate change
[2] Biochar

ماده‌ی جامد حاصل از آن دارای زی توده‌ی غنی از کربن است[۱۱۱]. به طور کلی تقریباً نیمی از وزن زی توده‌ی خشک گیاهی مواد آلی را کربن خالص تشکیل می‌دهد که اگر در هوای آزاد تجزیه شود تقریباً تمام کربن آن به اتمسفر آزاد می‌شود. در طی پیرولیز حدود ۵۰٪ از زی توده‌ی کربن به بیوچار تبدیل می‌شود و ۵۰٪ بقیه به صورت انرژی مفید از نظر محیط زیست، آزاد می‌شود. انواع مختلف مواد اولیه مانند ضایعات چوب، کودهای حیوانی و بقایای محصولات می‌تواند برای تولید بیوچار استفاده شود. این مزیت بیوچار که از گستره‌ی وسیعی از زی توده‌ها قابل تولید است و همچنین توانایی گوناگون آن باعث شده که بیوچار به عنوان یک ماده سودمند زیست‌محیطی و باصرفه‌ی اقتصادی برای مدیریت محیط‌زیست مطرح می‌باشد [۹۶]. امروزه علاوه بر بیوچار، هیدروچار[1] به عنوان ماده ی جامد تولید شده طی فشار بالا و آب داغ در مطالعات محیط زیست مطرح می شود[۳۰].

بیوچار تولیدشده توانایی کاهش دی اکسید کربن اتمسفری را دارد، بنابراین می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. علاوه بر این بیوچار یک ماده‌ی غنی از کربن است که به سادگی از بقایای زی توده‌ی کم ارزش قابل تولید است و با اضافه کردن به خاک سبب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. علاوه براین، بیوچار توانایی‌های امیدبخشی در بسیاری از کاربردهای زمینه‌ی محیط‌زیست شامل تثبیت کربن، بهبود خاک، تصفیه‌ی آب و اصلاح محیط‌زیست فراهم نموده است[۱۱۲]. از طرف دیگر، آلودگی رو به افزایش فاضلاب‌های شهری و صنعتی دارای ترکیبات سمی حاصل از توسعه و رشد صنایع مسئله بسیار نگران‌کننده‌ای است. فلزات سنگین به لحاظ ماهیت غیرقابل تجزیه، سمیت شدید، تجمع پذیر و سرطان‌زا بودن نه تنها حیات آبزیان منابع آب را به مخاطره می‌اندازد بلکه آب‌های پذیرنده را جهت مصارف مختلف از جمله آشامیدن نامطلوب می‌سازد[۹۸].

فاضلاب بسیاری از فرآیندهای صنعتی همچون آبکاری، عکاسی، صنایع هوانوردی، تسهیلات انرژی اتمی و صنایع پتروشیمی در اثر تخلیه به منابع آبی آلودگی آن‌ها را سبب می‌شود. فلزات سنگین مثل سرب و کادمیم به واسطه‌ی تحرک و خاصیت تجمع پذیری، سرطان‌زایی و جهش زایی، حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده تهدید جدی به شمار می روند[۴۰]. از آنجا که فلزات سنگین به دلیل برخورداری از خاصیت تجمع پذیری در بافت‌های مختلف و عدم تجزیه‌پذیری و نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیکی پس از ورود به محیط قادرند در چرخه‌ی حیات به حرکت چرخه‌ای خود ادامه داده و به تدریج در بافت‌های چرب مصرف‌کنندگان ذخیره گردند و از این راه موجب بروز خطرات عدیده سمی حاد، مزمن و اثرات ژنتیکی گردند بررسی و پیگیری نحوه‌ی ورود و روش‌های کنترل این عناصر از طریق منابع مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی به منابع پذیرنده‌ی آب، خاک و غذا توجه بسیاری از محققین محیط‌زیست را به خود جلب نموده است [۷۹،۲۶].

روش‌های متنوعی برای حذف فلزات سنگین شامل ته‌نشینی، فیلتراسیون، اکسیداسیون و احیاء، تبادل یونی و جداسازی غشایی وجود دارد. البته این روش‌ها وقتی فلزات در حجم زیاد و غلظت کم محلول موجود باشند کارایی پایین و اغلب هزینه‌ی بالایی را در بر خواهد داشت[۱۵،۶۱].

حذف یون‌های فلزات سنگین از محلول‌های آبی از طریق جذب یک روش آسان و نسبتا کم هزینه است. البته کارایی حذف فلزات سنگین از طریق جذب سطحی به طور عمده‌ای به انتخاب جاذب به کار گرفته‌شده وابسته است. بنابراین اخیراً

[1] Hydrochar

توجه زیادی به انتخاب مواد با هزینه‌ی کم وگزینش پذیری بالا برای حذف یون‌های فلزات سنگین از محلول‌های آبی معطوف گردیده است. بیوچارهای تولیدشده طی فرآیند پیرولیز می‌تواند به عنوان یک جاذب کم هزینه برای جذب فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی استفاده شود[۱۹،۲۳].

مواد اولیه‌ی تجدید پذیر و ارزان مثل پوسته‌ی نارگیل[۷۴]، کود دام[۲۰، ۸۰، ۱۱۱]، بقایای محصولات کشاورزی[۲۳، ۹۶]، پوسته‌ی خالی میوه‌ها [۹۴]، اکالیپتوس[۷۸]، لجن فاضلاب[۹، ۶۸] و گیاهان مهاجم[۱][۶۷] برای تولید بیوچار استفاده شده است.

بیوچار دارای بافت غنی از کربن و با درجه‌ی بالای تخلخل و مساحت سطح زیاد است که این ویژگی‌ها موجب می‌شود که به عنوان یک جاذب سطحی سودمند و در بسیاری جهات شبیه به کربن فعال عمل می‌کند و به این طریق نقش مهمی در کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی ایفا نماید. توانایی بالای بیوچار در جذب می‌تواند به سه دلیل باشد[۱۱۱]:

- برهمکنش‌های الکترواستاتیک بین کاتیون‌های فلزی و بار منفی سطحی کربن
- تبادل یونی بین پروتون‌های قابل یونیزه شدن در سطح کربن و کاتیون‌های فلزی
- برهمکنش‌های جذب شامل الکترون‌های آزاد π سطح کربن

در این تحقیق، ابتدا تولید بیوچار از ضایعات مختلف کشاورزی مانند کاه و کلش گندم و جو، سبوس برنج و خاک اره در دماهای مختلف بررسی شده است. در مرحله بعد کارایی بیوچارهای تولیدشده در جذب فلزات سنگین از محلول‌های آبی باهم مقایسه شده و سپس بهینه‌سازی شرایط جذب محلول حاوی کادمیم و سرب برای یک جاذب بررسی شده است.

۱-۲- اهداف

این تحقیق با اهداف زیر انجام شد.

- تبدیل ضایعات کشاورزی به بیوچار به عنوان یک ماده آلی باارزش در حفظ محیط‌زیست
- بهینه‌سازی تولید بیوچار از ضایعات کشاورزی از نظر دما
- تولید مواد جاذب از ضایعات کشاورزی و بررسی توان آن در جذب فلزات سنگین از محلول‌های آبی
- بهینه‌سازی شرایط جذب برای افزایش کارایی جاذب

۱-۳- فرضیات

این تحقیق با فرضیات زیر انجام شده است:

- کاه جو، کاه گندم، سبوس برنج و خاک اره توانایی قابل قبولی برای تولید بیوچار دارند.
- دمای پیرولیز اثر مهمی بر ویژگی های کمی و کیفی بیوچارهای تولید شده از کاه جو، کاه گندم، سبوس برنج و خاک اره دارد.
- بیوچارکاه جو، کاه گندم، سبوس برنج و خاک اره کارایی مناسبی در جذب فلزات سنگین از محیط های آبی دارد.

[1] Invasive plants

فصل دوم

تعاریف و بررسی منابع

۲-۱- تغییرات اقلیم و اثرات آن

تغییر اقلیم یکی از مهمترین مشکلات ناشی از افزایش جمعیت در کشورهای مختلف بوده است[۷۲]. در سالهای اخیر تغییرات آب و هوایی تمام مناطق جهان را درگیر مسائل و بحران‌های خود کرده است. سازمان ملل نیز در مورد بلایای طبیعی سال ۲۰۰۷ معتقد است که۹۰ درصد بدترین بلایا در نتیجه تغییرات آب و هوایی رخ داده‌اند. تشدید روزافزون معضلات زیست‌محیطی همچون گرمایش جهانی، کاهش منابع آب و نابودی تنوع زیستی در آینده نزدیک، به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بسیاری از کشورهای جهان و سازمان‌های بین‌المللی تبدیل شده است. این بحران‌ها به قدری گسترش‌یافته‌اند که دیگر راهی جز پیشگیری از این تغییرات برای بشر نیست. در صورتی که میزان گازهای گلخانه‌ای موجود در جو به همین میزان افزایش یابند، اثرات سوء آن خیلی بیشتر از انقراض گونه‌ها و افزایش سطح آب دریاها خواهد بود[۲].

گازهای موجود در اتمسفر زمین که عمدتاً شامل گاز متان و اکسید نیتروژن، دی اکسید کربن می‌باشند و به گازهای گلخانه‌ای موسوم هستند، بخشی از گرمای حاصل از پرتوهای مادون‌قرمز را نگهداری کرده و مانع خروج آن‌ها از اتمسفر می‌شوند. در فاصله سالهای۱۸۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی غلظت گازکربنیک به میزان ۳۰ درصد، غلظت متان ۱۲۵ درصد و غلظت اکسید نیتروژن ۱۵ درصد افزایش یافته است. گاز دی اکسید کربن که عمدتاً از کاربرد سوخت‌های فسیلی ناشی می‌شود به عنوان یکی از عوامل افزایش تغییرات جوی در سراسر جهان مطرح است. هیئت بین دولتی تغییرات آب و هوایی(IPCC)[1] گزارش کرده است که افزایش دمای جهان به احتمال خیلی زیاد ناشی از عواملی است که بشر در آن‌ها

[1] Intergovernmental panel on climate change

دست دارد. آکادمی ملی علوم آمریکا نیز فعالیت انسان‌ها و تولید گازهای گلخانه‌ای را علّت اصلی بروز این پدیده معرفی می‌کند[۴۳].

تغییر اقلیم و افزایش گرمایش جهانی باعث گسترش خشک‌سالی‌ها و تداوم آن‌ها شده و همچنین این تغییر باعث نایکنواختی توزیع بارش می‌شود و بر منابع آب تأثیر می‌گذارد در خاورمیانه منابع آب کم شده و این منطقه با کمبود ذخیره آب در آینده مواجه خواهد بود بیش از ۴ میلیارد نفر از ساکنین کره زمین تحت تأثیر کم آبی قرار خواهند گرفت. علیرغم رشد علمی و افزایش آگاهی ما نسبت به پیامدهای منطقه‌ای و جهانی تغییر اقلیم، توجه چندانی به اثرات این تغییرات در خاورمیانه و آسیای مرکزی نشده است. در منطقه خاورمیانه تغییر اقلیم چالشی بزرگ محسوب می‌شود، مخصوصاً اگر به افزایش خشک‌سالی‌های و مداوم و به رشد تقاضا برای آب و کمبود آب توجه نشود، این چالش ابعاد وسیعی به خود می‌گیرد.

بر اساس برآورد IPCC منطقه خاورمیانه در آینده گرم‌تر و خشک تر خواهد شد. افزایش آستانه‌های دمایی و کاهش بارندگی منجر به خشک‌سالی‌های شدیدی در این منطقه خواهد شد. مطابق با مدل‌سازی‌های IPCC بیش از ۸۰ تا ۱۰۰ میلیون نفر تا سال ۲۰۵۰ در معرض کمبود آب در منطقه قرار خواهند گرفت و آب‌های زیرزمینی نیز کاهش سریعی می‌یابد. این عوامل نشان می‌دهد که سطح آب دریاها در منطقه خاورمیانه تا ۰/۵ متر بالا خواهد آمد و سواحل کشورهایی همچون قطر، امارات و کویت در معرض آب گرفتگی و نابودی قرار خواهند گرفت[۴۳]. بر اساس گزارش FAO[1] در بیش از ۸۰ درصد مدل‌های برآورد تغییر اقلیم، بارش موجود در منطقه در هرسال سیر نزولی خواهد داشت. با کاهش بارش منطقه منابع آبی نیز با خطر روبرو خواهند شد[۳۲].

۲-۲-آثار و پیامدهای گرمایش جهانی

۲-۲-۱- آب شدن یخچال‌های قطبی و بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها

گرم شدن دمای زمین باعث شده است که درجه حرارت داخلی یخچال‌های طبیعی واقع در نقاط مختلف جهان از جمله یخچال‌های واقع در قطب شمال، قطب جنوب و چین افزایش پیدا کند و در نتیجه با آب شدن تدریجی، حجم زیادی از ذخایر این یخچال‌ها ذوب شود. در اثر بالا آمدن آب اقیانوس‌ها (به میزان ۱ تا ۲ سانتیمتر در هر ده سال) برخی جزایر و سواحل به زیر آب می روند[۳].

۲-۲-۲- تغییر اکوسیستم‌ها

کاهش تنوع زیستی و تأثیرات سوء بر گونه‌های گیاهی و جانوری از دیگر تبعات افزایش دمای کره زمین است. مهاجرت جانوران و تغییر پوشش گیاهی در اثر خشک‌سالی و کم آبی باعث تغییر در زنجیره‌ی غذایی و تأثیرات نامطلوب بر اکوسیستم منطقه می‌شود. همچنین این مشکل در دریاها به تغییر تنوع زیستی اکوسیستم آب می‌انجامد. مثال بارز و ملموس در این زمینه سفید شدن مرجان‌ها در سواحل خلیج‌فارس است. به گفته‌ی دانشمندان، مرجان‌ها تحت تأثیر افزایش متوسط دمای آب زودتر می‌میرند و سفید می‌شوند. افزایش دمای زمین به این معنا است که اکوسیستم‌های طبیعی در حال تعادل

[1] Food and Agriculture Organization