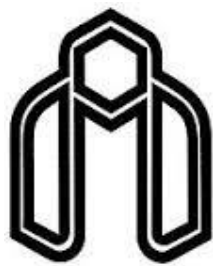


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک

سینتیک جذب سطحی برخی عناصر آلاینده توسط دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ

سنجد

نگارنده: آرزو رحیمی

استاد راهنما:

دکتر علی عباسپور

اساتید مشاور:

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر هادی قربانی

آذر ۱۳۹۵

پیوست شماره ۲

دانشگاه شاهرود

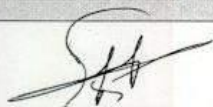

دانشکده کشاورزی


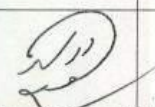
گروه : علوم خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم آرزو رحیمی به شماره دانشجویی: ۹۳۳۲۷۸۴

تحت عنوان: سینتیک جذب سطحی برخی عناصر آلاینده توسط دو نوع بیوجار سبوس برنج و برگ سنجد

در تاریخ ۹۵/۹/۱۵ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه کالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر علی عباسپور		نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر هادی قربانی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر شاهین شاهسونی		نام و نام خانوادگی : دکتر سید حسین حسینی	
نام و نام خانوادگی : دکتر وجیهه درستکار			

تعهد نامه

اینجانب آرزو رحیمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی - خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه سینتیک جذب سطحی برخی عناصر آلاینده توسط دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد تحت راهنمایی جناب آقای علی عباسپور متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « Shahrood University » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تقدیم به

مقدس ترین واژه مادر لغت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را دیون مبر و عطف آن می دانم.

پدر مرحومم که مهربان، مشفق، بردبار و حامی بود.

همسرم که نشانه لطف الهی در زندگی من است.

برادر و خواهرم همراهم، همیشگی و پشتوانه های زندگیم.

چکیده

افزایش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی باعث ورود فلزات سنگینی مانند کروم و کادمیم و همچنین عناصر غذایی مانند فسفر و نیترات به درون آب و خاک می‌شود. در این تحقیق از دو نوع بیوچار برگ سنجد (Be^1) و سبوس برنج (Br^2) به عنوان جاذب استفاده شد، برای این منظور اثر زمان تماس، غلظت اولیه و pH در جذب سطحی توسط دو نوع بیوچار بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین میزان جذب کرومات توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد به ترتیب در $pH = 7/06$ و $8/82$ صورت گرفت، در حالی که حداکثر جذب فسفات توسط بیوچار سبوس برنج در $pH = 6/83$ و حداکثر جذب توسط بیوچار برگ سنجد در $pH = 8/28$ انجام شد. میزان حداکثر جذب فسفات توسط بیوچار سبوس برنج $95/41$ درصد، اما حداکثر جذب کرومات توسط همین نوع بیوچار، $24/38$ درصد بود. در معادلات سینتیکی نیز مدل مرتبه دوم با R^2 بالای $0/98$ برای فسفات و با ضریب رگرسیون یک درصد برای کرومات سینتیک جذب را بهتر برازش نمود و در مورد ایزوترم‌های جذب نیز مدل فروندلیچ با R^2 بالاتر برازش بهتری نسبت به مدل لانگمویر داشت. در جذب نیترات، بیشترین میزان جذب نیترات توسط بیوچارهای سبوس برنج و برگ سنجد به ترتیب در pH های $4/75$ و $7/78$ انجام شد و حداکثر میزان جذب توسط بیوچارهای سبوس برنج و برگ سنجد به ترتیب $22/67$ و $22/52$ درصد بود. در مورد سینتیک جذب نیترات نیز باید گفت سینتیک مرتبه دو و یک با ضریب رگرسیون بالای $0/91$ برازش بهتری را نسبت به داده‌های این آزمایش داشت. نتایج تجربی این تحقیق نشان داد که ایزوترم جذب نیترات توسط این دو نوع بیوچار توسط ایزوترم جذب هر دو مدل فروندلیچ و لانگمویر هم‌خوانی مناسبی داشت. آزمایش‌ها و ارزیابی سینتیکی در مورد جذب کادمیم نشان داد که حداکثر جذب توسط بیوچار سبوس برنج $91/78$ درصد و در $pH = 7/15$ و حداکثر جذب توسط برگ سنجد $99/9$ درصد و در $pH =$

¹ - *Elaeagnus angustifolia* biochar

² - Rice husk biochar

۷/۹۰ انجام شد. مدل شبه مرتبه دوم با ضریب رگرسیون بالای ۰/۹۶ برازش بهتری نسبت به دو مرتبه‌ی صفر و یک داشت، در مورد ایزوترم جذب نیز مدل لانگمویر با R^2 ، ۸۸ درصد متناسب با داده‌های آزمایشی بود و هم چنین با افزایش pH میزان جذب این عنصر افزایش و با کاهش آن میزان جذب کادمیم کاهش یافت.

نتایج به دست آمده از آزمایش گلدانی نشان داد که اضافه کردن بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد به ترتیب باعث افزایش ۶۰ درصدی و کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک نسبت به نمونه شاهد شد که احتمالاً به دلیل خاصیت آللوپاتی برگ سنجد بود. کاربرد بیوچارهای سبوس برنج و برگ سنجد، به ترتیب باعث کاهش میزان ۲۸ و ۴۱ درصدی حجم زهاب خروجی نسبت به تیمار شاهد شد. با افزودن بیوچار برگ سنجد پ‌هاس زهاب ۸ درصد و EC زهاب، سه برابری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. در مورد جذب کروم، افزودن برگ سنجد خام، بیوچار سبوس برنج و بیوچار برگ سنجد به ترتیب باعث افزایش ۳۵، ۹۵ و ۵۱ درصدی جذب کروم نسبت به نمونه شاهد شد. با توجه به نتایج حاصل شده می‌توان بیان کرد که افزودن بیوچار به خاک سبب بهبود رشد گیاهان، کاهش زهاب یا افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش pH، EC و جذب کروم توسط بیوچار شد.

-کلمات کلیدی : بیوچار، کرومات، فسفات، کادمیم، نیترات، سینتیک، ایزوترم، pH_{zpc} ، آبشویی

مقالات:

- ایزوترم و سینتیک جذب سطحی فسفات از محلول‌های آبی توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد
- سینتیک جذب سطحی کرومات از محلول‌های آبی توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد

۱	..... مقدمه
۲	..... ۱-۱- مقدمه
۷	..... ۲- کلیات و بررسی منابع
۸	..... ۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام پژوهش
۸	..... ۲-۲- نیتروژن
۹	..... ۱-۲-۲- روش‌های حذف نیترات
۹	..... ۳-۲- کروم
۱۰	..... ۱-۳-۲- روش‌های حذف کروم
۱۰	..... ۴-۲- فسفر
۱۱	..... ۵-۲- کادمیم
۱۲	..... ۶-۲- درخت سنجد
۱۲	..... ۱-۶-۲- خصوصیات درخت سنجد
۱۲	..... ۲-۶-۲- آللوپاتی
۱۳	..... ۷-۲- ذرت
۱۳	..... ۸-۲- گیاهشناسی ذرت
۱۴	..... ۹-۲- بیوچار
۱۵	..... ۱۰-۲- اثر بیوچار بر جذب عناصر
۱۵	..... ۱۱-۲- جذب سطحی
۱۶	..... ۱۲-۲- عوامل مؤثر بر جذب سطحی
۱۶	..... ۱-۱۲-۲- pHzpc
۱۶	..... ۲-۱۲-۲- اثر غلظت

- ۱۶-۲-۱۲-۲-مدل لانگمویر.....
- ۱۷-۲-۱۲-۲-مدل فروندلیچ.....
- ۱۷-۳-۱۲-۲-اثر زمان بر جذب سطحی.....
- ۱۹-۳-مواد و روش‌ها.....
- ۲۰-۱-۳-تهیه بیوچار.....
- ۲۰-۱-۱-۳-بیوچار سبوس برنج.....
- ۲۰-۲-۱-۳-بیوچار برگ سنجد.....
- ۲۱-۲-۳-اندازه‌گیری pH_{zpc} بیوچارها.....
- ۲۲-۳-۳-میزان جذب عناصر در محلول‌های آبی.....
- ۲۲-۱-۳-۳-اندازه‌گیری فسفر کل.....
- ۲۲-۲-۳-۳-اندازه‌گیری کروم.....
- ۲۲-۳-۳-۳-اندازه‌گیری نیتрат.....
- ۲۳-۴-۳-۳-اندازه‌گیری کادمیم.....
- ۲۳-۵-۳-۳-مطالعات جذب.....
- ۲۳-۴-۳-سینتیک جذب.....
- ۲۳-۵-۳-ایزوترم جذب.....
- ۲۴-۶-۳-اثر pH بر جذب سطحی.....
- ۲۴-۷-۳-آزمایش گلدانی.....
- ۲۴-۱-۷-۳-خصوصیات خاک.....
- ۲۵-۲-۷-۳-انتخاب و آماده‌سازی گلدان‌ها.....
- ۲۶-۳-۷-۳-طرح آزمایشی و شرایط رشد.....
- ۲۶-۴-۷-۳-تعیین ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها و نحوه آبیاری.....

- ۲۶..... ۳-۷-۵- نحوه کاشت در گلدان‌ها
- ۲۶..... ۳-۷-۶- مرحله آبشویی و نمونه‌گیری از محلول جمع‌آوری‌شده
- ۲۷..... ۳-۷-۷- نمونه‌برداری گیاهی
- ۲۸..... ۳-۸- تجزیه و تحلیل آماری
- ۲۹..... ۴- نتایج و بحث
- ۳۰..... ۴-۱- جذب عناصر در محلول‌های آبی
- ۳۰..... ۴-۱-۱- جذب سطحی فسفر
- ۳۰..... ۴-۱-۱-۱- سینتیک جذب
- ۳۱..... ۴-۱-۱-۲- ایزوترم‌های جذب
- ۳۳..... ۴-۱-۱-۳- تأثیر pH بر جذب سطحی فسفر توسط دو نوع بیوچار
- ۳۵..... ۴-۱-۲- جذب سطحی کروم
- ۳۵..... ۴-۱-۲-۱- سینتیک جذب
- ۳۸..... ۴-۱-۲-۲- ایزوترم جذب
- ۳۹..... ۴-۱-۲-۳- تأثیر pH بر جذب سطحی کروم توسط دو نوع بیوچار
- ۴۱..... ۴-۱-۳- جذب سطحی نیتрат
- ۴۱..... ۴-۱-۳-۱- سینتیک جذب
- ۴۲..... ۴-۱-۳-۲- ایزوترم‌های جذب
- ۴۴..... ۴-۱-۳-۳- تأثیر pH بر جذب سطحی نیترات توسط دو نوع بیوچار
- ۴۵..... ۴-۱-۴- جذب سطحی کادمیم
- ۴۵..... ۴-۱-۴-۱- سینتیک جذب
- ۴۶..... ۴-۱-۴-۲- ایزوترم‌های جذب
- ۴۸..... ۴-۱-۴-۳- تأثیر pH بر جذب سطحی کادمیم توسط دو نوع بیوچار

- ۴۹ مطالعات گلخانه ای ۲-۴
- ۴۹ وزن خشک اندام‌های هوایی ۱-۲-۴
- ۵۰ حجم زهاب ۲-۲-۴
- ۵۲ pH زهاب خروجی ۳-۲-۴
- ۵۳ EC زهاب خروجی ۴-۲-۴
- ۵۵ غلظت کروم ۵-۲-۴
- ۵۷ نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۵
- ۶۱ منابع ۶
- ۶۷ پیوست ۷

- فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۳- سبوس برنج و بیوچار تهیه شده از آن..... ۲۰
- شکل ۲-۳- برگ سنجد و بیوچار تهیه شده از آن..... ۲۱
- شکل ۳-۳- رشد گیاه ذرت در گلدان‌های استوانه‌ای پس از ۲۹ روز..... ۲۵
- شکل ۴-۳- آبخوبی خاک گلدان‌ها یک هفته بعد از برداشت گیاه..... ۲۷
- شکل ۱-۴- سینتیک جذب سطحی فسفات توسط بیوچار سبوس برنج در مقادیر ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول فسفات- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو..... ۳۰
- شکل ۲-۴- ایزوترم‌های جذب سطحی فسفات توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد- (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ..... ۳۲
- شکل ۳-۴- تغییرات جذب سطحی فسفات به‌عنوان تابعی از pH محلول..... ۳۳
- شکل ۴-۴- اثر pH بر توزیع گونه‌های ارتوفسفات (Prasad and Power, 1997)..... ۳۴
- شکل ۵-۴- تعیین pH_{zpc} بیوچار برگ سنجد و بیوچار سبوس برنج..... ۳۵
- شکل ۶-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار برگ سنجد و در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو..... ۳۶
- شکل ۷-۴- ایزوترم‌های جذب سطحی کرومات توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد- (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ..... ۳۸
- شکل ۸-۴- تغییرات جذب سطحی کرومات به‌عنوان تابعی از pH محلول توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد..... ۳۹
- شکل ۹-۴- سینتیک جذب سطحی نترات توسط سبوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو..... ۴۱
- شکل ۱۰-۴- ایزوترم‌های جذب سطحی نترات توسط بیوچار سبوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ نترات- (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ..... ۴۳
- شکل ۱۱-۴- تغییرات جذب سطحی نترات به‌عنوان تابعی از pH محلول توسط بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج..... ۴۴
- شکل ۱۲-۴- سینتیک جذب سطحی کادمیم توسط بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو..... ۴۵
- شکل ۱۳-۴- ایزوترم‌های جذب سطحی کادمیم توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد- (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ..... ۴۷
- شکل ۱۴-۴- تغییرات جذب سطحی کادمیم به‌عنوان تابعی از pH محلول توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد..... ۴۸
- شکل ۱۵-۴- تأثیر تیمارها بر وزن خشک اندام هوایی ذرت..... ۵۰
- شکل ۱۶-۴- تأثیر بیوچار بر میزان زهاب خروجی از گلدان‌ها..... ۵۱
- شکل ۱۷-۴- تأثیر کروم بر میزان زهاب خروجی..... ۵۱
- شکل ۱۸-۴- تأثیر تیمارها بر میزان pH زهاب خروجی..... ۵۳
- شکل ۱۹-۴- تأثیر بیوچار بر میزان EC زهاب خروجی..... ۵۴
- شکل ۲۰-۴- تأثیر آلاینده بر میزان EC زهاب..... ۵۴
- شکل ۲۱-۴- تأثیر تیمارها بر میزان کروم موجود در آب آبخوبی..... ۵۶

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- خصوصیات دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد..... ۲۱
- جدول ۳-۲- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه..... ۲۵
- جدول ۴-۱- پارامترهای محاسبه شده‌ی سینتیک‌های جذب مربوط به بیوچار سبوس برنج در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول فسفات..... ۳۱
- جدول ۴-۲- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر فسفات مربوط به بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج..... ۳۳
- جدول ۴-۳- پارامترهای محاسبه شده‌ی مدل‌های سینتیک کرومات توسط بیوچار سبوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کرومات..... ۳۷
- جدول ۴-۴- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج..... ۳۹
- جدول ۴-۵- پارامترهای محاسبه شده‌ی مدل‌های سینتیک نیترات توسط بیوچار سبوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم نیترات..... ۴۲
- جدول ۴-۶- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج..... ۴۳
- جدول ۴-۷- پارامترهای محاسبه شده‌ی مدل‌های سینتیک کادمیم توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد..... ۴۶
- جدول ۴-۸- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد..... ۴۷
- جدول ۷-۱- جدول تجزیه واریانس..... ۶۸
- جدول ۷-۲- جدول تجزیه واریانس..... ۶۸
- جدول ۷-۳- جدول تجزیه واریانس..... ۶۹
- جدول ۷-۴- مقایسه میانگین..... ۶۹
- جدول ۷-۵- مقایسه میانگین..... ۷۰
- جدول ۷-۶- مقایسه میانگین..... ۷۰

فصل اول

مقدمه

به علت افزایش فعالیت‌های انسانی از اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، آلودگی‌های ناشی از عناصر آلاینده به‌طور وسیعی در دنیا افزایش یافته است که ازجمله‌ی این عناصر آلاینده، کروم است که به دلیل سمیت برای محیط‌زیست، از آلاینده‌های اصلی به شمار می‌رود. این فلز دارای تجمع‌زیستی بوده و برای موجودات زنده زیان‌آور است (صیدالی و همکاران، ۱۳۹۳).

کروم شش ظرفیتی مهم‌ترین آلاینده‌های خروجی از پساب صنایع می‌باشد (ناصح و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به ویژگی‌های سمی و خطرناک این فلز، حذف آن به وسیله یک روش کارآمد و اقتصادی امری ضروری است. کروم شش ظرفیتی، فلزی است که در آب‌های سطحی و زیرزمینی، مخاطرات جدی را به وجود می‌آورد و حذف آن از آب‌های آلوده و فاضلاب با روش‌های مختلف، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (آگاروال و همکاران، ۲۰۰۶). به منظور حذف کروم، روش‌های تصفیه‌ای مختلفی از جمله ترسیب شیمیایی، تبادل یون، ترسیب الکتروشیمی، احیاء، جداسازی ممبرانی، تغلیظ، اسمز معکوس و جذب مورد استفاده قرار گرفته است. اکثر این روش‌ها دارای معایبی از قبیل، حذف ناکامل فلز، نیاز به تجهیزات هزینه‌بر، نیاز به پایش منظم سیستم‌ها، نیاز به انرژی و یا تولید لجن‌های سمی می‌باشد (بانسال و همکاران، ۲۰۰۹).

در سال‌های اخیر نگرانی‌های جهانی درباره عواقب و اثرات جانبی برخی از فعالیت‌های کشاورزی نوین بر محیط زندگی انسان افزایش یافته و محققان را به تفکر بیش‌تر و نگاهی عمیق‌تر واداشته است از جمله این اثرات ورود نیتروژن که منبع انرژی برای گیاهان هستند توسط کودهای نیترا، به درون آب و خاک است (گوی و همکاران، ۲۰۱۰).

از جمله عناصر دیگر آلاینده می‌توان فسفر را نام برد که در نتیجه‌ی استفاده بیش از حد از کودها در کشاورزی منجر به انتقال این عنصر از زمین‌های کشاورزی به منابع آب می‌شود. آبشویی

فسفر از خاک ممکن است علاوه بر کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش رشد گیاهان و تولیدات کشاورزی، سلامت محیط زیست را نیز به خطر بیندازد (روت و همکاران، ۲۰۱۴). در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی گردیده است یکی از این منابع کودهای فسفره هستند. راه دیگر ورود فسفر به آب استفاده از برخی شوینده‌ها در مصارف خانگی و صنعتی می‌باشد. سطوح بالای فسفر در آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث ایجاد پدیده‌ی اوتریفیکاسیون در آب‌های شیرین و آب دریاها می‌شود (کاراکا و همکاران، ۲۰۱۴). از جمله اثرات مخرب اوتریفیکاسیون شامل کاهش اکسیژن محلول، مرگ ماهی‌ها، تیرگی آب‌ها و از بین رفتن گیاهان و جانوران آبی می‌باشد (یائو و همکاران، ۲۰۱۲).

کادمیم نیز جزو عناصر آلاینده‌ی محیط‌زیست به‌خصوص آب و خاک است. کادمیم از جمله عناصر سنگینی است که با ورود به زنجیره‌ی غذایی باعث ایجاد هزاران نوع بیماری خطرناک از جمله سرطان برای انسان می‌شود. کادمیم عنصری بسیار متحرک است و به راحتی در گیاه جابه‌جا شده و در برگ، ساقه و ریشه تجمع پیدا می‌کند امروزه زیان‌های اقتصادی و زیست محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی در سطح جهانی شناخته شده (خدیوی نیا و همکاران، ۲۰۱۴).

بنابراین حذف این عناصر از فاضلاب‌ها قبل از تخلیه و جلوگیری از ورود این عناصر به محیط امری ضروری است. از روش‌های حذف این عناصر استفاده از مواد جاذب مانند بیوچار است (بانسال و همکاران، ۲۰۰۹). بیوچارها از رنج وسیعی از مواد حاوی کربن از قبیل علف‌ها، چوب‌ها و یا از پسماندهای کشاورزی و جنگلداری تهیه می‌شود (یائو و همکاران، ۲۰۱۲). بیوچار زغال تهیه‌شده از

زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن‌ها در شرایط عدم اکسیژن و یا اکسیژن کم انجام می‌شود (لهمن، ۲۰۰۷).

بیوچار یک ابزار بالقوه برای افزایش بهره‌وری فسفر و همچنین کربن جدا شده در خاک‌های کشاورزی است. به طور معمول به نظر می‌رسد با استفاده از بیوچار، فسفر قابل دسترس تر می‌شود و درصد جذب فسفر توسط سطوح آزاد ذرات در حضور بیوچار قابل ملاحظه بوده و کاهش یافته است. تحقیقات نشان می‌دهد که بیوچار نقش زیادی در افزایش ذخیره کربنی، بهبود حاصلخیزی خاک و تعادل اکوسیستم‌های خاکی دارد. این تاثیرات مثبت بیوچار به دلیل برخی از خصوصیات ذاتی این ماده غنی از کربن، مانند تخلخل و سطح ویژه بالا، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، تجزیه زیستی کم و غیره مربوط می‌شود. همچنین بیوچار توانایی بالایی در افزایش اسیدیته خاک دارد (جاودانی و همکاران، ۱۳۹۱).

استفاده از بیوچار در خاک‌های اسیدی باعث بافر شدن پ‌هاش این خاک‌ها شده و شرایط مطلوبی را برای گیاهان ایجاد می‌کند. سطح ویژه بالای بیوچار، باعث شده که این ماده توانایی خوبی در جذب عناصر مختلف و جذب آب را داشته باشد (جاودانی و همکاران، ۱۳۹۱). بیوچار با افزایش حفظ مواد غذایی و شیمیایی برای مصرف گیاهان و محصولات، کمیت و کیفیت آب را بهبود می‌بخشد زیرا از ورود این مواد به آبهای زیرزمینی جلوگیری می‌کند و در نتیجه باعث جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود (ربیعی و همکاران، ۱۳۹۲).

در این تحقیق از دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد به منظور حذف این عناصر آلاینده (فسفر، کروم، نیترات، کادمیم) از محیط آب و بهبود ویژگی‌های خاک و حذف کرومات خاک استفاده شد.

لذا اهداف این پژوهش عبارتند از:

- بررسی تأثیر بیوچارهای برگ سنجد و سبوس برنج در حذف فسفات، نیترات، کرومات و کادمیم از

محلول‌های آبی

- بررسی تأثیر بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد در حذف کرومات از خاک

- بررسی اثر زمان، pH و غلظت بر میزان جذب عناصر مذکور توسط بیوچارها در محلول‌های آبی

- بررسی تأثیر بیوچار برگ سنجد، سبوس برنج و برگ سنجد خام بر رشد و عملکرد گیاه ذرت و حجم زه-

آب خروجی

فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

۲-۱- اهمیت و ضرورت انجام پژوهش

فلزات سنگین از مهم‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست از جمله خاک هستند که در صورت تجمع در خاک علاوه بر آثار زیان‌بخش بر اکوسیستم خاکی، با آلوده کردن آب‌های زیرزمینی و جذب از طریق گیاهان، وارد زنجیره غذایی انسان و سایر موجودات زنده می‌شوند (انتونیادیس و آلووی، ۲۰۰۱). از آن‌جا که در اکثر مناطق شهری و روستایی تأمین آب شرب با برداشت از آب‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد، بنابراین ورود عناصر شیمیایی مصرفی در کشاورزی به آب‌های زیرزمینی نگران‌کننده می‌باشد که علاوه بر مسائل و مشکلات زیست‌محیطی، از دیدگاه زراعی و اقتصادی نیز، فرار مواد مغذی، باعث کاهش کارایی در مجموعه تولید محصول می‌گردد (شیرافروس و همکاران، ۱۳۸۵). نظام توسعه پایدار کشاورزی، یک نظام تولیدی است که بر شیوه‌های مدرن کشاورزی تکیه دارد. امروزه رشد روزافزون جمعیت، موجب نیاز بیش‌تر بشر به مواد غذایی گردیده که این عامل موجب گسترش تولیدات کشاورزی و تأثیرات سوء بر خاک و منابع پایه شده است. استفاده از کود و سموم دفع آفات علاوه بر آلوده سازی خاک و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، باعث فرسایش ژنتیکی و انقراض گونه‌های جانوری و گیاهی نیز می‌شود این فرایندها، تعادل‌های زیست‌محیطی و بومی را به تدریج بر هم می‌زنند و پیامدهای خطرناکی را در پی دارد. این مقاله به بررسی اثرات کودهای ازته و کودهای نیتراته بر منابع آبی و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش این آلودگی، پرداخته است (فرجادفر و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۲- نیتروژن

از نظر کمیت، نیتروژن چهارمین عنصر در گیاهان و فراوان‌ترین عنصر معدنی است. بر اساس وزن خشک مواد گیاهی، گیاهان علفی حاوی یک تا چهار درصد نیتروژن‌اند که بیش‌تر آن به صورت پروتئین است. در عین حال میزان نیتروژن قابل‌دسترس گیاه در خاک ممکن است توسط تعداد زیادی از عوامل محیطی مانند دما، اکسیژن، وضعیت رطوبتی و pH محدود شود. سالانه مقدار زیادی نیتروژن در جریان

برداشت گیاهان زراعی از خاک خارج می‌شود، بنابراین، می‌بینیم که رشد گیاهان زراعی اغلب توسط کمبود نیتروژن محدود می‌شود. نفوذ نیترات حاصل از آبشویی کود نیتروژنه به آب‌های زیرزمینی به صورت یک آلاینده از کشاورزی ناشی می‌شود و خطر جدی برای سلامتی انسان دارد و باعث بیماری‌های مت هموگلوبین در کودکان و بیماری سرطان روده بزرگ در مدت طولانی می‌شود (ظهیری و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۱-۲- روش‌های حذف نیترات

روش‌های مختلفی برای خارج‌سازی نیترات مثل تبادل یونی، دنیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون شیمیایی، دنیتریفیکاسیون کاتالیزوری، اسمز معکوس و الکترودیالیز مورد استفاده می‌شوند. این روش‌های فیزیکیوشیمیایی و بیولوژیکی ممکن است گران، همراه با تولید مواد اضافی و زباله‌های سمی باشد و محدودیت کاربرد در مقیاس وسیع را داشته باشند. در بین روش‌های خارج‌سازی نیترات از محیط‌های آبی و خاک، جذب سطحی کم‌هزینه‌تر و مؤثرتر است. روش جذب سطحی، کارایی بالایی در خارج‌سازی نیترات با انرژی کمتر دارد و به آسانی قابل کاربرد در مقیاس‌های بزرگ می‌باشد. تاکنون جاذب‌های متفاوتی شناسایی شده‌اند که قابلیت کاهش تحرک نیترات را در اکوسیستم‌های آب و خاک دارند (مارزی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۳- کروم

کروم شش ظرفیتی، فلزی است که در آب‌های سطحی و زیرزمینی، مخاطرات جدی را به وجود می‌آورد و حذف آن از آب‌های آلوده و فاضلاب با روش‌های مختلف، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (ناصر و همکاران، ۱۳۹۲). کروم یکی از فلزات سنگین بوده که در پساب صنایع مختلفی از جمله آبکاری‌ها، معدن‌کاری‌ها، رنگ‌رزی‌ها، دباغی‌ها و صنایع کودسازی وجود دارد (ساماتی و همکاران، ۲۰۰۵). ترکیبات کرومی معمولاً به صورت کروم سه ظرفیتی و کروم شش ظرفیتی در محیط وجود

دارند. کروم سه ظرفیتی به عنوان یک عنصر ضروری برای بدن انسان بوده و دارای سمیت بسیار پایین تر از کروم شش ظرفیتی می باشد مقدار مجاز کروم در آب و خاک به ترتیب، ۰/۱ میلی گرم بر لیتر و ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک است (آگاروال و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۳-۱- روش های حذف کروم

از روش های حذف کروم می توان به روش هایی از جمله حذف به روش نانوفیلتراسیون، تجمع شیمیایی، تبادل یونی و جذب بر روی کربن فعال اشاره کرد. این روش ها جزو روش هایی هستند که بسیار هزینه بر بوده و ایجاد آلودگی ثانویه برای محیط زیست می کنند، اما روش های جذب سطحی مانند جذب توسط پوسته ی میوه ی درخت کاج از جمله روش های کم هزینه و دارای آلودگی کم هستند که در حذف کروم استفاده می شود (واگتی و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۴- فسفر

فسفر از عناصر مهم و ضروری برای رشد گیاهان در اکوسیستم است، اگرچه که فسفر عنصری است که به طور وسیع در کشاورزی به عنوان کود و در صنعت به عنوان مواد پاک کننده و صابونی استفاده می شود، اما ضایعات ایجاد شده از آن موجب آلودگی آب ها، بیماری برای انسان و مرگ ماهی ها می شود (سومیا و میناکشی، ۲۰۱۳). طبق اعلام آژانس حفاظت محیط زیست (EPA^۳) مقدار مجاز فسفات درون آب ۰/۱ میلی گرم بر لیتر می باشد (لیو و ژانگ، ۲۰۱۵).

در چند دهه ی اخیر روش های مختلفی برای حذف فسفات از فاضلاب ها به دست آمده که شامل ته نشست شیمیایی، تبادل یونی، روش های زیستی و جذب سطحی است. روش های ته نشست شیمیایی و تبادل یونی باعث ایجاد مشکلاتی می شوند، این مشکلات شامل ناپایدار بودن این روش ها و ایجاد یک نوع آلودگی ثانویه در آب ها است در حالی که روش های جذب سطحی جزو روش های کم هزینه، انعطاف پذیر و

³ -Environmental Protection Agency

ساده هستند به همین دلیل بیش‌تر از روش‌های جذب سطحی برای حذف فسفات استفاده می‌شود (لیو و ژانگ، ۲۰۱۵).

۲-۵- کادمیم

کادمیم از فلزات سمی و غیرضروری در طبیعت است. صنعتی شدن و فعالیت‌های انسانی از دلایل اصلی است که موجب ایجاد آلودگی کادمیم می‌شود. استخراج و ذوب فلزات، تهیه‌ی آلیاژ، آبکاری فلزات، عکس‌برداری، باتری‌های نیکل-کادمیمی، کودهای فسفاته، رنگ‌رزی، چاپ روی پارچه، مواد شیمیایی صنعتی، استخراج سرب و مواد رنگی صنعتی از منابع اصلی هستند که این آلودگی‌ها را به وجود می‌آورند. کادمیم در بافت‌های زنده تجمع پیدا می‌کند که باعث زیست تجزیه‌ناپذیری این فلز می‌شود. سمیت کادمیم باعث ایجاد بیماری‌های مختلف از جمله مشکلات ریوی، آسیب‌های کلیوی، افزایش فشار خون، کم‌خونی، آسیب استخوان، سرطان، نارسایی ریه، کبد، کلیه و اندام تناسلی می‌شود. طبق اعلام سازمان بهداشت جهانی (WHO^۴) میزان مجاز کادمیم در آب آشامیدنی حدود ۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر لیتر است (آنیدروهان و شاینی، ۲۰۱۵).

از روش‌های حذف کادمیم از فاضلاب‌های صنعتی می‌توان به روش‌های ته‌نشینی، لخته کردن و تبادل یونی اشاره کرد. اخیراً توجه زیادی به کاربرد روش‌های بی‌خطر برای حذف عناصر شده که نتایج این تحقیقات توجه بیش‌تر به استفاده از مواد جاذبی است که منشاء زیستی دارند (خدیوی نیا و همکاران، ۲۰۱۴).

⁴ - World Health Organization

۲-۶- درخت سنجد

۲-۶-۱- خصوصیات درخت سنجد

درخت سنجد با نام علمی (*Elaeagnus angustifolia*)، که از دیرباز، کم و بیش در اقصی نقاط کشور کشت و از آن در مصارف مختلف استفاده می‌شود. مهم‌ترین اهمیت این درخت استفاده از آن در نواحی بیابانی، جهت تثبیت خاک می‌باشد، چرا که این درخت در برابر عوامل نامساعد طبیعی چون خشکی، طوفان‌های شدید، کم‌آبی، تا حدی شوری خاک و دمای بسیار بالا و پایین، مقاوم می‌باشد. این گونه، رویشگاه طبیعی وسیعی در اروپا و آسیا دارد و در جنوب اروپا، باختر و شمال مرکزی آسیا تا هیمالیا به‌طور بومی می‌روید (سعادت‌مند و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۶-۲- آللوپاتی

به کلیه ترکیبات شیمیایی که توسط باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و به‌ویژه گیاهان آلی تولید می‌شوند و بر رشد، نمو و فعالیت سایر نظام‌های بیولوژیک، تأثیر می‌گذارند، ترکیبات آللوپاتیک اطلاق می‌گردد. از معروف‌ترین ترکیبات آللوپاتیک که به‌طور عمده از متابولیت‌های ثانویه محسوب می‌شوند، می‌توان به آلکالوئیدها، گلوکوزیدها، اسیدهای فنولی، تانن‌ها، تریپن‌ها، ترپنوئیدها، کومارین‌ها و کینون‌ها اشاره نمود. این ترکیبات با وجود برخورداری از برخی اثرات مثبت، اغلب رشد و نمو گیاهان را از طریق دخالت در فرایندهای مهم فیزیولوژیک آن‌ها هم‌چون جلوگیری از تقسیمات سلولی، تغییر در ساختار دیواره‌های سلولی، تأثیر بر نفوذپذیری و عمل غشاهای، ممانعت از فعالیت برخی آنزیم‌ها، برهم زدن تعادل هورمون‌های گیاهی، اختلال در جذب عناصر غذایی، کاهش میزان فتوسنتز، افزایش مقدار تنفس و ایجاد تغییر در ساختمان و یا فعالیت اسیدهای نوکلئیک تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این رو آللوپاتی بیش‌تر به مفهوم اثرات مضر گیاهان آلی روی جوانه‌زنی، رشد، نمو، تولید و بقای سایر گونه‌های گیاهی از طریق تولید ترکیبات آللوپاتیک تعریف می‌شوند (کاردان و همکاران، ۱۳۹۲).

برگ سنجد نیز دارای خاصیت آلوپاتی است. در تحقیق صورت گرفته توسط کاردان و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که غلیظتر شدن عصاره آبی برگ سنجد، موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و درصد سبز شدن بذور علف‌های هرز شده و کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ی گیاه‌چه تازه جوانه‌زده آن‌ها می‌شود، ولی عدم تأثیر عصاره برگ سنجد بر وزن خشک گیاهچه‌های دوماهه در گلخانه نشان داد که، عصاره آبی برگ سنجد تنها بر ویژگی‌های جوانه زنی مؤثر بوده و بعد از استقرار گیاه‌چه، اثر بازدارندگی بر رشد آن‌ها اعمال نمی‌کند (کاردان و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۷- ذرت

ذرت گیاهی از گروه غلات است که امروزه نقش مهمی را در تولیدات کشاورزی دنیا داشته و رتبه بالایی را دارد. از این گیاه در گذشته برای تغذیه انسان، پرندگان و دام‌ها استفاده می‌شد و بر طبق برخی از گزارشات باستان شناسی، مشخص شده که در حدود ۴۵۰۰ سال پیش در کشورهای امریکای جنوبی مورد کشت قرار می‌گرفت (خدابنده، ۱۳۷۵). برخی ورود ذرت به ایران را به دوران شاه اسماعیل صفوی نسبت می‌دهند. با توجه به این که در قدیم نام این گیاه در ایران، گندم مکه بوده است و در حال حاضر در آذربایجان نیز این گیاه را گندم مکه می‌نامند، عده‌ای عقیده دارند که ذرت توسط حجاج ایرانی از عربستان به ایران آورده شده است (خدابنده، ۱۳۸۲).

۲-۸- گیاهشناسی ذرت

ذرت با نام انگلیسی (corn) و آمریکایی (maize) و نام علمی (*Zea mays L.*) متعلق به خانواده غلات (Poaceae) می‌باشد. گیاهی است یک ساله، روز کوتاه، تک پایه و دگرگشن است. تک پایه (Monoecious) بدین معنی که گل‌های نر و ماده جدا از هم ولی بر روی یک پایه قرار دارند. گل‌های ماده ذرت از جوانه‌ای که در قاعده غلاف برگ وجود دارد تولید می‌شود. اندام نر ذرت در انتهای ساقه اصلی به صورت خوشه و خوشه‌های فرعی قرار دارد که در روی این خوشه یا خوشه‌های فرعی دو سنبلیچه

یکی بلند و دیگری کوتاه به طور منظم قرار گرفته است یک پایه و در نتیجه به علت جدا بودن اعضای زایشی گرده افشانی آن به طور غیر مستقیم بوده و گرده‌های گل به طرق مختلف بر روی اندام ماده انتقال پیدا می‌کنند. گرده‌های ذرت تقریباً در تمام ارقام یک تا پنج روز قبل از ظهور اعضای مذکور می‌رسند. گرده افشانی غیر مستقیم ذرت بیشتر توسط باد صورت می‌گیرد. گرده‌های منتقل شده در روی کلاله بلافاصله شروع به جوانه زدن نموده ولی فقط یک میله گرده بعد از ۲۰ دقیقه به تخمدان می‌رسد. تحت شرایط عادی مدت ۲۴ ساعت زمان لازم است تا عمل باروری یک بلال به صورت کامل صورت گیرد (خدابنده، ۱۳۸۲).

۲-۹- بیوچار

بیوچار زغال تهیه‌شده از زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن‌ها در حضور کم و یا عدم حضور اکسیژن انجام می‌شود. از دیدگاه کشاورزی یکی از مزایای بیوچار، مدیریت ضایعات کشاورزی می‌باشد. گسترش کشاورزی ارگانیک از یک سو و آلودگی‌های جوی از سوی دیگر باعث شده است تا استفاده از این نوع کود در دنیا روز به روز افزایش پیدا کند ولی متأسفانه این ماده آلی در ایران تا حدودی ناشناخته باقی‌مانده است. بیوچار ماده جامدی است که از کربن سازی توده‌های زیستی به دست می‌آید.

بیوچار ممکن است که به خاک اضافه شود تا عملکرد خاک بهبود پیدا کند و باعث کاهش برون‌ریزهای توده‌های زیستی شود. همچنین این ماده دارای مقدار با ارزشی کربن است. در طی فرآیند دوهزارساله مواد آلی درون خاک تبدیل به هوموس کشاورزی می‌شود که می‌تواند کربن را حفظ کرده و امنیت تغذیه را افزایش دهد و مانع جنگل‌زدایی شود. این فرایند می‌تواند زغال نیم‌سوز با منفذهای بسیار و درشت به وجود آورد که به حفظ مواد غذایی و آب کمک می‌کند. بیوچار در خاک‌های سرتاسر جهان یافت می‌شود که حاصل آتش‌سوزی گیاهان و اقدامات مدیریتی خاک می‌باشد (ربیعی و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۱۰- اثر بیوپچار بر جذب عناصر

مطالعات فراوان درباره‌ی زمین‌های سرشار از بیوپچار در آمازون نشان داده است که این ماده باعث ارزشمندتر شدن خاک، به عنوان یک مکمل خاکی شده است. بیوپچار می‌تواند ابزار مهمی برای افزایش امنیت غذایی و تنوع کشت‌زارهایی با خاک‌های بسیار فرسوده، منابع آلی کمیاب و منابع کودهای شیمیایی و آب نامناسب باشد (ریبئی و همکاران، ۱۳۹۲).

مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که استفاده از بیوپچار باعث ذخیره‌سازی کربن، فسفر و نیتروژن می‌شود. در طی آزمایش‌های انجام‌شده نشان داده شد که بیوپچارهای بلوط و کاج استفاده‌شده باعث افزایش جذب عناصر می‌شود (موخرجی و زیمرمن، ۲۰۱۳). این ماده به علت سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسید کربن و متان که از ضایعات آزاد می‌شوند را دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند (لهمن و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از فواید استفاده از بیوپچار این است که باعث کاهش هدر رفت میزان نیتروژن و در نتیجه بهبود توانایی خاک در تولید محصول می‌شود (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۱۱- جذب سطحی

جذب سطحی یکی از مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش‌های استفاده‌شده برای حذف و بازیافت فلزات سنگین از آب و فاضلاب است. جذب سطحی، آلاینده‌های جداسازی شده از فاز مایع را بی‌حرکت می‌کند و جاذب بعد از جذب آلاینده را می‌توان بدون خطر خاصی برای محیط‌زیست دفع کرد و یا می‌توان با استفاده از عمل واجذب مجدداً آلاینده و جاذب را بازیافت نمود (معمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۱۲- عوامل مؤثر بر جذب سطحی

۲-۱۲-۱- pH_{zpc}

pH_{zpc} نقطه‌ای است که در آن نقطه میزان بار مثبت و منفی با هم برابر شده و زمانی که pH محلول بالاتر از pH_{zpc} باشد دفع آنیونی صورت می‌گیرد، به‌عنوان مثال در مورد اکسید آهن که دارای بار سطحی منفی است در pH بالاتر از pH_{zpc} دفع یون اکسید آهن صورت می‌گیرد، درحالی‌که در pH کم‌تر از pH_{zpc} بار سطحی مثبت است که باعث جذب الکترواستاتیک یون فسفات که دارای بار منفی است، می‌شود. pH_{zpc} به دلیل مشخص کردن خصوصیات آنیونی فسفات در مطالعات جذب سطحی بسیار حائز اهمیت می‌باشد، بار سطحی می‌تواند نقش مهمی را در روابط متقابل الکترواستاتیکی بین جاذب و ماده‌ی جذب ایفا می‌کند. (لالی و همکاران، ۲۰۱۶).

۲-۱۲-۲- اثر غلظت

اثر غلظت آلاینده‌ها بر جذب توسط جاذب توسط ایزوترم‌های جذب بررسی می‌شود. ایزوترم‌های جذب، ارتباط بین مقدار جذب جاذب (q_e) با غلظت محلول در شرایط تعادل (c_e) را در دمای ثابت بررسی می‌کند (روت و همکاران، ۲۰۱۴). مدل‌های مختلفی در این خصوص وجود دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

۲-۱۲-۱-۲- مدل لانگمویر

از ویژگی‌های ایزوترم لانگمویر این است که جذب تک لایه را در سطوح یکسان، به‌وسیله‌ی تعداد محدودی از مکان‌های جذب و بدون فعل و انفعالات بین مولکول‌های جاذب نشان می‌دهند (روت و همکاران، ۲۰۱۴).

$$\text{ایزوترم لانگمویر: } \frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{bq_m} + \frac{1}{q_m} c_e \quad ۱-۲$$

$$q_e = \frac{(c_0 - c_e)}{m} \times v \quad ۲-۲$$

C_0 ، میزان غلظت اولیه‌ی محلول (میلی گرم بر لیتر)، c_e ، میزان غلظت محلول پس از تعادل (میلی گرم بر لیتر)، v ، میزان حجم محلول (لیتر)، m میزان جرم جاذب (گرم)، b ضریب لانگمویر، q_m ، حداکثر میزان جذب سطحی (میلی گرم بر گرم)، q_e ، میزان جذب سطحی (میلی گرم بر گرم) را نشان می‌دهد.

۲-۱۲-۲-۲ مدل فروندلیچ

از ویژگی‌های ایزوترم فروندلیچ این است که جذب چندلایه، در سطوح ناهمگن، همراه با در نظر گرفتن فعل و انفعالات بین مولکول‌های جاذب را نشان می‌دهد (روت و همکاران، ۲۰۱۴).

$$\ln q_e = \ln k_f + \frac{1}{n} \ln c_e \quad ۳-۲$$

در این فرمول C_e ، میزان غلظت محلول پس از تعادل (میلی گرم بر لیتر)، q_e ، میزان جذب سطحی (میلی گرم بر گرم) را نشان می‌دهد. n و k_f ، ضرایب فروندلیچ هستند.

۲-۱۲-۳- اثر زمان بر جذب سطحی

سینتیک از پارامترهای مهم برای سنجش دینامیک جذب سطحی است. سینتیک اطلاعات مهمی را درباره‌ی روند آزمایش شامل مکانیزم‌های جذب، ثابت‌های سینتیک و بهینه کردن زمان جذب، در اختیار ما قرار می‌دهد. هدف انواع مدل‌های سینتیکی تعیین سرعت دقیق مکانیزم‌های جذب است. در این تحقیق برای توصیف سینتیک‌ها از سه مدل شبه مرتبه‌ی صفر، اول و دوم استفاده شد. فرمول هر سه مدل سینتیکی در زیر آورده شده است (وانگوپال و موهانتی، ۲۰۱۱).

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln(t) \quad ۴-۲$$

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad ۵-۲$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad ۶-۲$$

در معادلات بالا q_e مقدار جذب سطحی در زمان تعادل (میلی گرم بر گرم)، q_t جذب سطحی در زمان t (میلی گرم بر گرم)، و α و β ثابت‌های مرتبه صفر، K_1 ثابت مرتبه یک و K_2 ثابت مرتبه دو است.

فصل سوم

مواد و روش ها

۱-۳- تهیه بیوچار

در این آزمایش دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد استفاده شد که به صورت زیر تهیه شدند.

۱-۱-۳- بیوچار سبوس برنج

بدین منظور ابتدا، سبوس برنج خریداری و درون ظرف‌های فلزی درب دار ریخته شد. ظرف‌ها در دمای ۴۰۰ درجه به مدت ۶ ساعت در کوره مخصوص تهیه بیوچار حرارت داده شد. بعد از دو روز بیوچار از کوره خارج شد و با آب مقطر شسته شد. پس از خشک شدن بیوچار، ذرات بین ۰/۵ و ۲ میلی‌متر توسط الک جدا شدند (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳- سبوس برنج و بیوچار تهیه‌شده از آن

۲-۱-۳- بیوچار برگ سنجد

برگ سنجد از مزارع شاهرود تهیه و خشک شد. همانند سبوس برنج برگ‌ها درون ظرف ریخته شدند و بعد از حرارت دیدن از الک عبور داده شدند (شکل ۲-۳)، خصوصیات بیوچارها توسط دستگاه pH متر (2 set 3210)، EC متر (Jenway4010) و اسپکتروفوتومتر (Jenway 6305) اندازه‌گیری شد در جدول (۱-۳) آورده شد.



شکل ۳-۲- برگ سنجد و بیوچار تهیه شده از آن

جدول ۳-۱- خصوصیات دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد

فسفر کل (%)	EC(mS.cm ⁻¹)	pH	خصوصیات
۰/۰۴۴	۰/۰۸	۸/۲۸	بیوچار سبوس برنج
۰/۱۷	۰/۱۲	۹/۰۳	بیوچار برگ سنجد
۰/۰۸	۰/۳۲	۷/۷۷	برگ سنجد خام

۳-۲- اندازه گیری pH_{zpc} بیوچارها

به منظور اندازه گیری pH_{zpc} بیوچارهای سبوس برنج و برگ سنجد، از محلول نمک طعام (NaCl) ۰/۰۱ مولار به عنوان محلول الکترولیت و از محلول اسید (HCl) و سود (NaOH) ۰/۱ مولار به منظور کنترل کننده pH استفاده شد. به این منظور مقدار ۳۰ میلی لیتر از این محلول را به فالکون‌ها انتقال داده و با اضافه کردن اسید و سود به هر فالکون مقدار pH هر محلول تغییر داده بازه‌ی پهاش روی محدوده‌ی ۳ تا ۱۱ تنظیم شد و سپس با دستگاه pH متر، pH محلول اندازه‌گیری شد. بعد از این مرحله مقدار ۰/۲ گرم از هر بیوچار به فالکون‌ها اضافه کرده و بعد از زمان ۴۸ ساعت شیکر شدن، pH محلول‌ها مجدداً اندازه‌گیری شد. شکل pH قبل و بعد از اضافه کردن بیوچارها را کشیده و نقاطی که pH قبل و بعد آنها حدوداً برابر بودند به عنوان pH_{zpc} بیان شد (لالی و همکاران، ۲۰۱۴).

۳-۳- میزان جذب عناصر در محلول‌های آبی

۳-۳-۱- اندازه‌گیری فسفر کل

اندازه‌گیری فسفر به روش کلرید قلع انجام شد. به‌منظور تهیه‌ی محلول استاندارد میزان ۴/۴ گرم از ماده‌ی KH_2PO_4 استفاده شد. استانداردها در غلظت ۰، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام ساخته شد، محلول‌ها نیز در غلظت ده و صد پی‌پی‌ام ساخته شد. به منظور تهیه معرف، ۲۵ گرم مولیبدات آمونیوم در ۲۰۰ سی‌سی آب مقطر گرم حل شد (محلول A)، سپس، ۲۸۰ سی‌سی اسیدسولفوریک غلیظ در ۶۰۰ سی‌سی آب مقطر حل و خنک شد (محلول B)، محلول A داخل محلول B ریخته شد و حجم کل با آب مقطر به یک لیتر رسانده شد و برای تهیه‌ی معرف کلرور قلع، ۲۵ گرم کلرور قلع در یک لیتر اسیدکلریدریک ۱۰ درصد حل شد. با اضافه نمودن معرف‌ها به هر محلول میزان غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفوتومتری (Jenway 6305) در طول موج ۶۵۰ نانومتر قرائت شد (زرین‌کفش و همکاران، ۱۹۵۵).

۳-۳-۲- اندازه‌گیری کروم

برای اندازه‌گیری کروم از روش جیمز و بارتلت (۱۹۹۶) استفاده شد. ابتدا محلول استاندارد را با استفاده از ماده‌ی دی کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در غلظت‌های ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه شد. به‌منظور به دست آوردن غلظت کروم، مقدار ۹ سی‌سی از محلول کروم با ۱ سی‌سی از معرف دی فنیل کاربازید (به‌منظور تهیه معرف مقدار ۰/۲۵ گرم از دی فنیل کاربازید به ۵۰ سی‌سی استون اضافه شد) مخلوط شد. مقدار کروم VI با محلول دی فنیل کاربازید استخراج و به‌وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت شد (جیمز و بارتلت، ۱۹۹۶).

۳-۳-۳- اندازه‌گیری نیتрат

برای اندازه‌گیری نیترات از ماده‌ی نیترات پتاسیم استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری نیترات با استفاده از سمپلر، ۶۰ میکرون از محلول نیترات پتاسیم و ۲۹۵۰ میکرون از مخلوط محلول شماره ۱ (حاوی ۵۰

میلی لیتر اسید کلریدریک یک مولار + ۰/۴ گرم وانادیم کلراید (احیاکننده)) و محلول شمار ۲ (۰/۲) گرم سولفانیلامید + ۰/۰۱ گرم °Ned + ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر) به هر کووت منتقل گردید. کووت‌ها به مدت یک شب در محیط آزمایشگاه و در زیر هود قرار داده شد و بعد از کامل شدن رنگ ارغوانی با دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید (میرندا و همکاران، ۲۰۰۱).

۳-۳-۴- اندازه‌گیری کادمیم

برای آلوده نمودن آب به کادمیم از نیترات کادمیم استفاده شد. و پس از آماده‌سازی محلول‌ها در pH، غلظت و زمان‌های مختلف، غلظت کادمیم توسط دستگاه اتمی اندازه‌گیری شد.

۳-۳-۵- مطالعات جذب

در مطالعات جذب، اثر زمان تماس یا سینتیک (۱۴۴۰-۰ دقیقه)، pH (۱۱-۵) و غلظت محلول یا ایزوترم (۰، ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بررسی شد.

۳-۴- سینتیک جذب

به منظور بررسی اثر زمان تماس، مقدار ۲۵ میلی‌لیتر از محلول فسفر، کروم، کادمیم یا نیترات در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر با میزان ۰/۱ گرم از بیوچار سبوس برنج در مدت زمان‌های تعیین شده شیکر شد (در این مرحله زمان متغیر و غلظت‌ها ثابت بودند) و بعد از گذشت زمان غلظت عناصر با دستگاه اسپکتروفتومتری (Jenway 6305) قرائت شد.

۳-۵- ایزوترم جذب

برای بررسی اثر غلظت نیز، مقدار ۲۵ میلی‌لیتر از محلول فسفر، کروم، کادمیم یا نیترات با میزان ۰/۱ گرم از بیوچار سبوس برنج یا برگ سنجد در زمان ثابت یک ساعت شیکر شد (در این مرحله زمان ثابت و میزان غلظت عناصر متغیر بود) و بعد گذشت یک ساعت غلظت عناصر قرائت شدند.

⁵ -Naphtyl ethylenediamine dihydrochloride

۳-۶- اثر pH بر جذب سطحی

به منظور بررسی اثر پهاش بر میزان جذب سطحی، مقدار ۲۵ میلی لیتر از محلول فسفر، کروم، کادمیم و نیترات با غلظت‌های ثابت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و زمان ثابت یک ساعت و با میزان پهاش متغیر که در نتیجه اضافه کردن محلول اسید (HCl) و سود (NaOH) ۰/۱ مولار، اثر پهاش بر جذب سطحی مشخص شد و در نهایت غلظت عناصر بعد از تغییر پهاش، خوانده شد.

غلظت عناصر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتری در طول موج ۶۵۰ نانومتر برای فسفر و ۵۴۰ نانومتر برای کروم و نیترات قرائت شد و کادمیم با دستگاه جذب اتمی خوانده شد. به منظور به دست آوردن درصد حذف عناصر از فرمول زیر استفاده شد:

$$\text{درصد حذف عنصر} = C_0 - C_e / C_0 \times 100 \quad ۳-۱$$

در فرمول بالا، C_0 ، نشان دهنده غلظت اولیه (میلی گرم بر لیتر) و C_e غلظت نهایی (میلی گرم بر لیتر) است.

۳-۷- آزمایش گلدانی

۳-۷-۱- خصوصیات خاک

به منظور ایجاد محیط کشت در گلدان‌ها، از خاک شهرستان میامی واقع در شهر شاهرود در استان سمنان استفاده شد. pH خاک به روش الکترومتریک (pH متر) بر روی گل اشباع، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت سنج بر روی عصاره گل اشباع انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۳-۲) نشان داده شده است.

جدول ۳-۲- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

۰/۳۰	رس (درصد)
۰/۲۲	سیلت (درصد)
۹۰/۴۸	شن (درصد)
۳/۵۸	EC (mS.cm^{-1})
۷/۸۹	پ هاش
شنی	بافت خاک
۰/۲۷	مواد آلی (درصد)

۳-۷-۲- انتخاب و آماده‌سازی گلدان‌ها

از آنجا که یکی از اهداف موردنظر در این آزمایش، بررسی آبشویی کروم در خاک بود لذا گلدان‌های پلی‌اتیلنی استوانه‌ای شکلی تهیه گردید. قطر هر گلدان ۱۳ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۱۵ سانتی‌متر بود (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- رشد گیاه ذرت در گلدان‌های استوانه‌ای پس از ۲۹ روز

۳-۷-۳- طرح آزمایشی و شرایط رشد

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای و به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل فاکتور آلاینده در ۲ سطح [سطح ۱: فاقد آلاینده و سطح ۲: دارای آلاینده، بیوچار در ۴ سطح [سطح ۱: فاقد بیوچار، سطح ۲: بیوچار تهیه شده از برگ سنجد (B_e)، سطح ۳: بیوچار تهیه شده از سبوس برنج (B_r)، سطح ۴: برگ سنجد خام (e)]. با توجه به تعداد تیمار و تکرار، تعداد ۲۴ عدد گلدان (با قطر ۱۳ سانتیمتر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر) به عنوان واحد کشت قرار گرفت.

۳-۷-۴- تعیین ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها و نحوه آبیاری

برای تعیین مقدار آب مورد نیاز در آبیاری گلدان‌ها در آزمایش گلخانه‌ای (جلوگیری از آبخسویی ناخواسته) از روش تعیین ظرفیت زراعی داسیلوا (۱۹۹۴) استفاده شد. میزان آب گلدان‌ها هر چهار تا پنج روز با توزین تعدادی از گلدان‌ها کنترل شده و همواره سعی گردید رطوبت خاک آن‌ها در حد ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه باقی بماند.

۳-۷-۵- نحوه کاشت در گلدان‌ها

پس از پر کردن گلدان‌ها از خاک (به میزان ۱/۵ کیلوگرم و تا ارتفاع پایین‌تر از ۴ سانتیمتری لبه گلدان)، تعداد ۵ عدد بذر ذرت، رقم ساری بافاصله مناسب از یکدیگر، در نقطه مرکزی گلدان کاشته شدند. مقدار ۴۵ گرم (۳ درصد وزنی خاک گلدان) از بیوچار سبوس برنج، بیوچار برگ سنجد و برگ سنجد خام به گلدان‌های مشخص شده اضافه شد، سپس گلدان‌ها آبیاری شده و رطوبت آن‌ها همواره در حد ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه باقی نگه‌داشته شد.

۳-۷-۶- مرحله آبخسویی و نمونه‌گیری از محلول جمع‌آوری شده

بنابر اهداف این آزمایش، ۵ هفته بعد از رشد گیاه، ۵۰ میلی‌لیتر محلول آلاینده، حاوی ۶۰ میلی‌گرم از کروم به شکل ماده‌ی دی کرومات پتاسیم به دوازده گلدان داده شد یک هفته پس از افزودن آلاینده،

برداشت گیاه انجام شد. جهت آبخوبی خاک در این مرحله، به میزان ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به هر گلدان افزوده شد و مدت زمان لازم جهت خروج محلول آبخوبی شده لحاظ گردید و پس از این مدت محلول آبخوبی در ظروف تعبیه شده زیرین، جمع آوری شد (شکل ۳-۴). سپس محلول جمع آوری شده برای هر نمونه توزین و ثبت گردید در نمونه‌ها میزان غلظت کروم توسط دستگاه اسپکتروفوتومتری و EC و pH اندازه‌گیری شد.



شکل ۳-۴- آبخوبی خاک گلدان‌ها یک هفته بعد از برداشت گیاه

۳-۷-۷- نمونه برداری گیاهی

شش هفته پس از کاشت، نمونه‌گیری از گونه‌ی تحت کشت در تیمارهای مختلف صورت گرفت. در نمونه برداری، اندام هوایی گیاهی از سطح خاک بریده شده و در داخل پاکت کاغذی شماره دار ریخته و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه پس از انتقال به دستگاه آون، در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند تا کاملاً خشک شوند. پس از این مدت از آون خارج و پس از گذشت مدت زمان بیست دقیقه‌ای جهت رسیدن به تعادل دمایی با محیط، با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

۳-۸- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. برای رسم شکل و شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

فصل چہارم

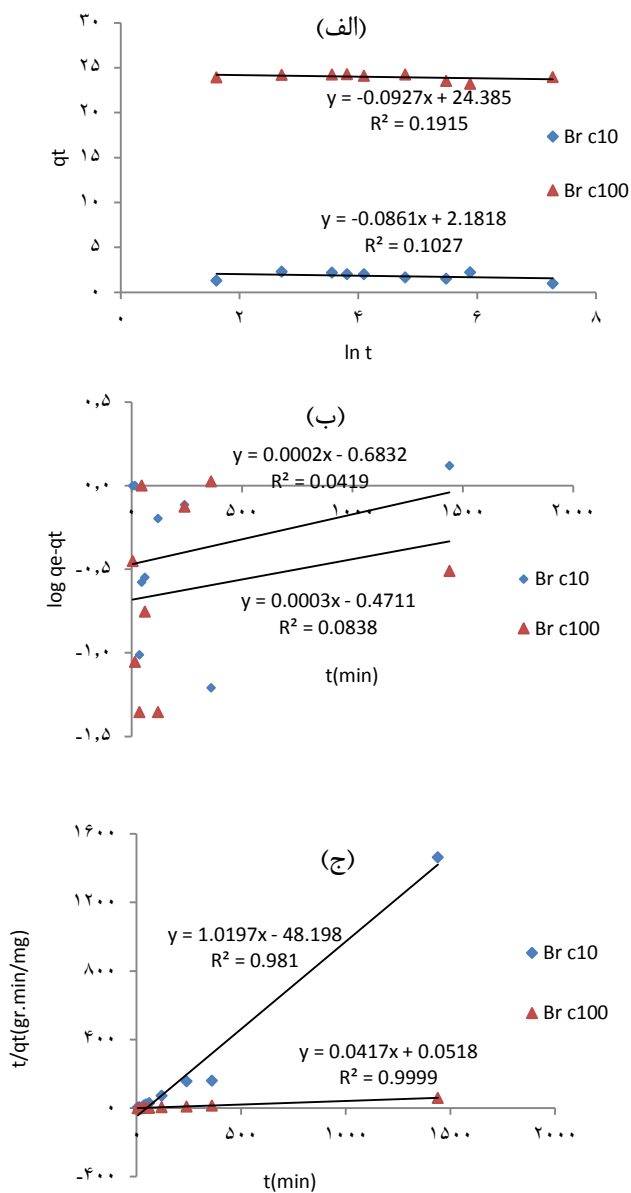
نتائج و بحث

۱-۴- جذب عناصر در محلول‌های آبی

۱-۱-۴- جذب سطحی فسفر

۱-۱-۱-۴- سینتیک جذب

در این تحقیق برای توصیف سینتیک‌ها از سه مدل شبه مرتبه‌ی صفر، اول و دوم استفاده شد.



شکل ۱-۴- سینتیک جذب سطحی فسفات توسط بیوجار سبوس برنج در مقادیر ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول فسفات- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

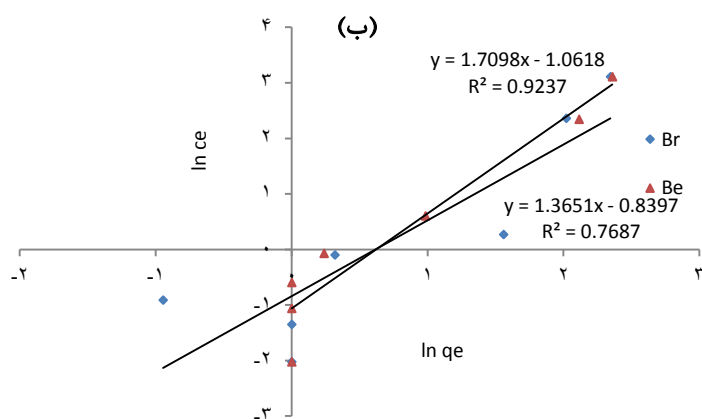
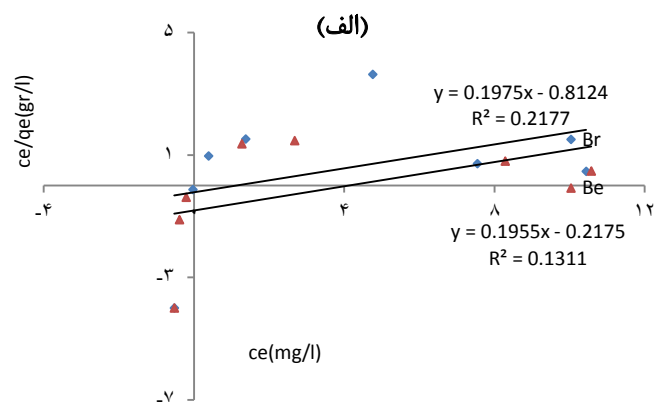
با توجه به شکل (۱-۴) و طبق جدول (۱-۴) داده‌های آزمایش مربوط به سینتیک مرتبه دوم با R^2 بالای ۰.۹۸ جذب سطحی فسفر، توسط بیوچار سبوس برنج را، بهتر برازش داد. مدل‌های شبه مرتبه صفر و اول دارای میزان ضریب رگرسیون پایین و نامناسب برای برازش داده‌های آزمایشی در این مطالعه بود. سلیم و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که در جذب فسفات توسط مخلوطی از سبوس برنج و سیلیکا، از محلول‌های آبی، مدل سینتیکی شبه مرتبه‌ی دوم با ضریب رگرسیون بالای ۰.۹۹ برازش بهتری را نسبت به دو مدل شبه مرتبه‌ی صفر و یک نشان داد.

جدول ۱-۴- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی سینتیک‌های جذب مربوط به بیوچار سبوس برنج در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول فسفات

مدل‌ها	پارامترها	10ppm	100ppm
مرتبه صفر	β	۱۱/۶۱	-۱۰/۶۸
	α	-۱/۱۷	-۱/۳۳
	R^2	۰/۱۰	۰/۱۹
مرتبه اول	Q_e (mg/gr)	۰/۳۳	۰/۲۰
	K_1 (1/min)	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۴
	R^2	۰/۰۸	۰/۰۴
مرتبه دوم	Q_e (mg/gr)	۰/۶۸	۲۳/۹۸
	K_2 (gr/mg.min)	-۰/۰۲۱	-۰/۰۳۳
	R^2	۰/۹۸	۰/۹۹

۴-۱-۱-۲- ایزوترم‌های جذب

ایزوترم‌های جذب، ارتباط بین مقدار جذب جاذب (q_e) با غلظت محلول در شرایط تعادل (c_e) را در دمای ثابت بررسی می‌کند (روت و همکاران، ۲۰۱۴). داده‌های جذب این مطالعه با ۲ مدل فروندلیچ و لانگمویر برازش داده شد.



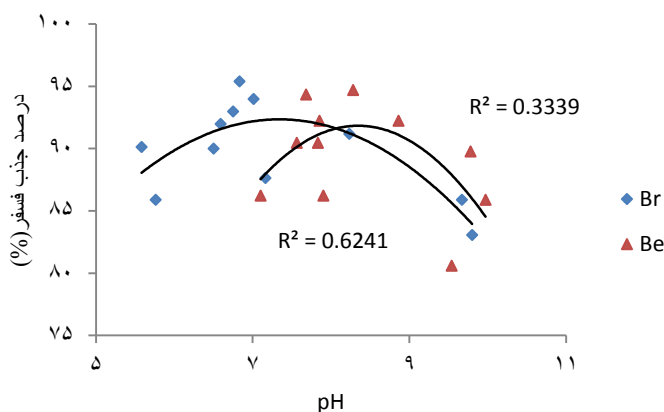
شکل ۴-۲- ایزوترم‌های جذب سطحی فسفات توسط بیوجار سبوس برنج و برگ سنجد - (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

با توجه به جدول (۴-۲) مشاهده شد که مقدار ضریب رگرسیون در مدل فروندلیچ نسبت به مدل لانگمویر بالاتر بوده، و برازش بهتری را نسبت به مدل لانگمویر نشان داد. پارامتر K_f ثابت معادله‌ی فروندلیچ بوده که وابسته به ظرفیت جذب است و افزایش آن میزان افزایش جذب را نشان می‌دهد (واگتی و همکاران، ۲۰۰۸). مطابق جدول (۴-۲) با افزایش غلظت، شیب افزایش یافت که نشان‌دهنده‌ی افزایش جذب سطحی است. با توجه به مطالعات انجام‌شده توسط کاراکا و همکاران (۲۰۱۴) در جذب فسفات از محلول‌های آبی توسط دولومیت، مدل لانگمویر R^2 بالاتری را داشت و برازش بهتری را نسبت به مدل لانگمویر نشان داد.

جدول ۲-۴- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر فسفات مربوط به بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج

	پارامترهای مدل	Be	Br
مدل فروندلیچ	R^2	۰/۷۶	۰/۹۲
	n	۰/۷۳	۰/۵۶
	K_f	۰/۳۴	۰/۴۳
مدل لانگمویر	R^2	۰/۱۳	۰/۲۱
	b(L/mg)	-۰/۲۴	-۰/۹۰
	Q_m (mg/gr)	۵/۰۶	۵/۱۱

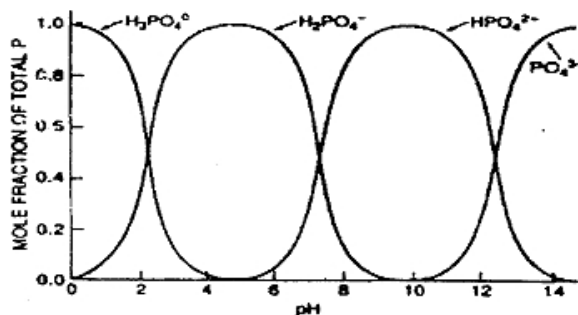
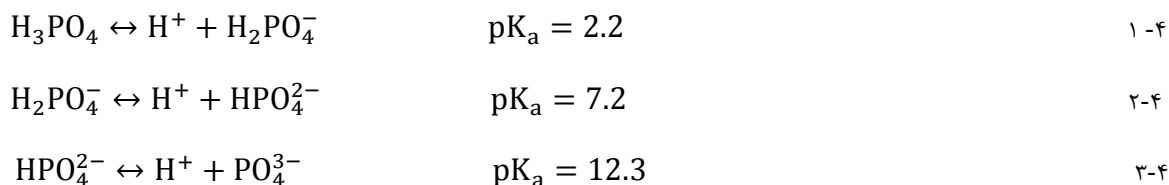
۳-۱-۱-۴- تأثیر pH بر جذب سطحی فسفر توسط دو نوع بیوچار



شکل ۳-۴- تغییرات جذب سطحی فسفات به‌عنوان تابعی از pH محلول

با توجه به شکل (۳-۴) بیش‌ترین جذب فسفات توسط بیوچار سبوس برنج (Br) در $pH=6/83$ انجام شد که میزان جذب سطحی فسفر آن ۹۵/۴۱٪ بود و بیش‌ترین میزان جذب سطحی فسفات توسط بیوچار برگ سنجد (Be) در $pH=8/28$ با میزان جذب ۹۴/۷۰ درصد بود. دلیل این امر این است که، معمولاً بیش‌ترین جذب یک ترکیب در pH برابر pK_a آن ترکیب صورت می‌گیرد. اسید فسفریک دارای سه pK_a تحت مقادیر ۲/۲، ۷/۲ و ۱۲/۳ است و با توجه به این‌که pH محیط‌های آبی معمولاً بین ۵ تا ۱۰ محدود می‌شود، لذا تنها گونه‌های $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} جهت جذب سطحی

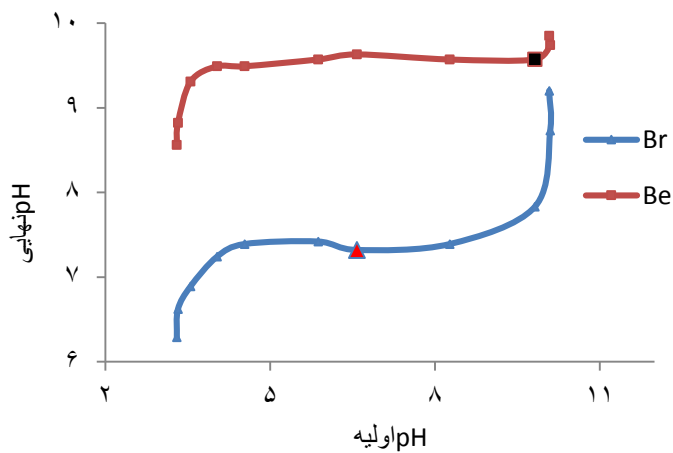
حائز اهمیت بوده که حداکثر جذب آن‌ها در pH حدود ۷/۲ حائز اهمیت است. با توجه به شکل (۴-۴) در pH حدود ۷/۲ تا ۱۲/۳ HPO_4^{2-} ، در pH کمتر از ۷/۲ تا ۲/۲ H_2PO_4^- ، گونه‌های غالب اسید فسفریک محسوب می‌شوند، به همین دلیل است که افزایش جذب سطحی فسفر در pH حدود ۷/۲ مشاهده می‌شود (هوآنگ و همکاران ۲۰۱۴). یائو و همکاران (۲۰۱۲) نیز در تحقیقی دلیل کاهش جذب فسفات را این‌گونه بیان کردند، که معمولاً با افزایش pH و به دنبال آن افزایش OH^- ، شرایط نامطلوب برای تبادل لیگاندی بین فسفات و گروه‌های هیدروکسیل ایجاد شده که موجب کاهش جذب سطحی فسفات شد.



شکل ۴-۴ اثر pH بر توزیع گونه‌های ارتوفسفات (Prasad and Power, ۱۹۹۷)

دلیل دیگر جذب فسفات در این محدوده‌ی pH این است که، با توجه به شکل (۴-۵)، pH_{zpc} برابر با نقطه‌ای است که، pH اولیه برابر با pH نهایی باشد (لالی و همکاران، ۲۰۱۶) که این نقطه با توجه به آزمایش‌ها تجربی صورت گرفته، برابر با ۹/۵۷ برای بیوچار برگ سنجد و ۷/۳۱ برای بیوچار سبوس برنج است، که در این نقاط بارهای الکتریکی مثبت و منفی موجود در سطح بیوچارها باهم

برابر هستند، با توجه به شکل (۳-۴) مشاهده شد که حداکثر جذب فسفات (بیوچار سبوس برنج در pH ۶/۸۳ و بیوچار برگ سنجد در pH ۸/۲۸ بود) تقریباً در محدوده‌ی pH برابر pH_{zpc} انجام شد.



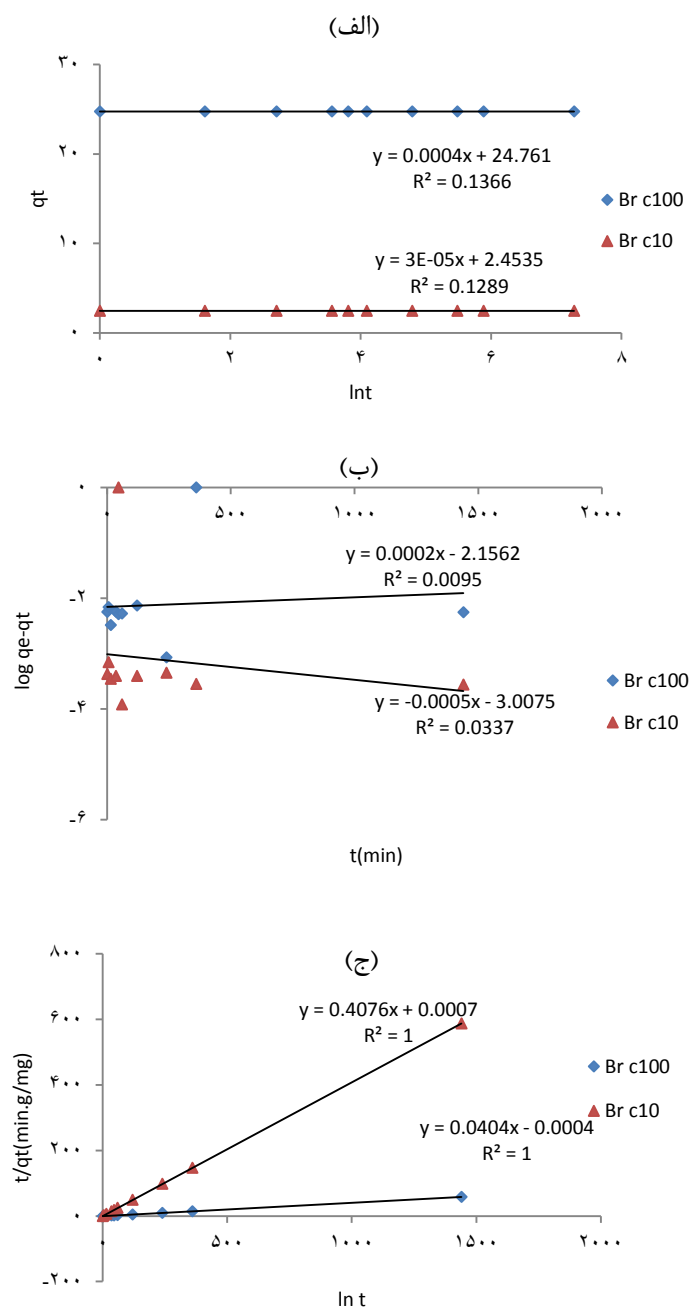
شکل ۴-۵- تعیین pH_{zpc} بیوچار برگ سنجد و بیوچار سبوس برنج

۴-۱-۲- جذب سطحی کروم

۴-۱-۲-۱- سینتیک جذب

با توجه به شکل (۴-۶) مشاهده شد که سینتیک مرتبه دوم، بهترین برازش را برای داده‌های

جذب کرومات توسط دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد داشت.



شکل ۴-۶- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار برگ سنجد و در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

تمامی داده‌های آزمایش‌ها در سینتیک مرتبه‌ی دوم میزان R^2 ، یک را نشان داد و سینتیک داده‌های

آزمایشی را بهتر برازش نمود. مدل‌های شبه مرتبه صفر و اول دارای میزان ضریب رگرسیون پایین و

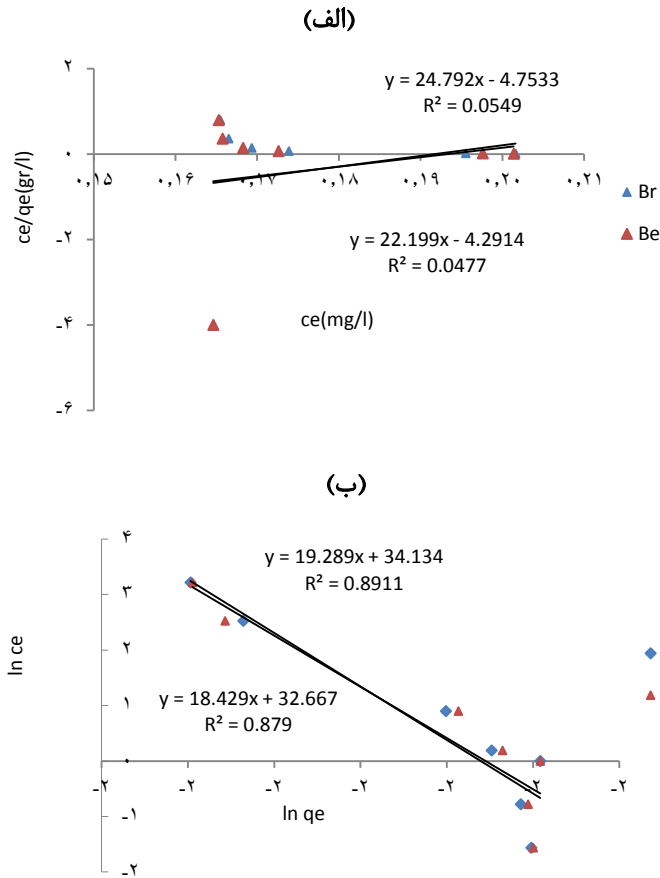
نامناسب برای برازش داده‌های آزمایشی در این مطالعه بود. در تحقیقی که توسط واگتی و همکاران (۲۰۰۸) صورت گرفت نشان داد که در جذب کرومات از محلول‌های آبی توسط جاذب پوسته‌ی میوه‌ی درخت کاج، مدل شبه مرتبه‌ی دوم دارای R^2 بالاتر از ۹۸ درصد بوده و برازش بهتری را نسبت به مدل شبه مرتبه‌ی اول نشان داد. در تحقیق دیگر در مورد جذب کرومات از محلول‌های آبی توسط بقایای علف ستاره^۶، هر دو مدل شبه مرتبه اول و دوم هر دو دارای R^2 بالای ۸۰ درصد بود و برازش خوبی را نشان دادند اما در شبه مرتبه‌ی دوم میزان ضریب رگرسیون بالای ۰/۹۸ بود (وانگوپال و موهانتی، ۲۰۱۱).

جدول ۴-۳- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی مدل‌های سینتیکی کرومات توسط بیوجار سیوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

مدل‌ها	پارامترها	10ppm	100ppm
مرتبه صفر	β	۶/۹۳	۶/۲۵
	α	۰/۳۲	۲۵۰۰
	R^2	۰/۱۲	۰/۱۳
مرتبه اول	Q_e (mg/gr)	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷
	K_1 (1/min)	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۲
	R^2	۰/۰۳	۰/۰۰۹
مرتبه دوم	Q_e (mg/gr)	۲/۱	۲۴/۷۵
	K_2 (gr/mg.min)	۶۳۰۰	-۰/۰۰۶
	R^2	۱	۱

⁶ - Parthenium hysterophorus.L

۴-۱-۲-۲- ایزوترم جذب



شکل ۴-۷- ایزوترم‌های جذب سطحی کرومات توسط بیوجار سبوس برنج و برگ سنجد- (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

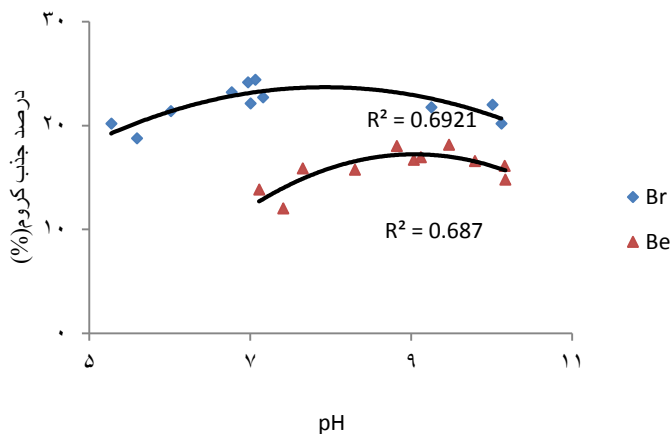
با توجه به شکل (۴-۷) مشاهده شد مقدار ضریب رگرسیون در مدل فروندلیچ نسبت به مدل لانگمویر بیش تر بود و برازش بهتری را نسبت به مدل لانگمویر نشان داد. در مورد مدل لانگمویر نیز می توان گفت که میزان ضریب رگرسیون در فسفات بیش تر از کرومات بود. مطابق جدول (۴-۴) با افزایش غلظت، شیب افزایش یافت که نشان دهنده‌ی افزایش جذب سطحی است. طبق تحقیقات انجام شده توسط ونگوپال و

موهانتی (۲۰۱۱)، در جذب کرومات از محلول‌های آبی هر دو مدل لانگمویر و فروندلیچ تطابق زیادی با داده‌ها داشت و هر دو مدل دارای ضریب رگرسیون بالای ۰/۹۳ بود.

جدول ۴-۴- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج

پارامترهای مدل		Be	Br
مدل فروندلیچ	R^2	۰/۸۷	۰/۸۹
	N	۰/۰۵	۰/۰۵
	K_f	۱/۵۳	۶/۶۷
مدل لانگمویر	R^2	۰/۰۴	۰/۰۵
	b(L/mg)	-۵/۸۲	-۵/۲۱
	Q_m (mg/gr)	۰/۰۴	۰/۰۴

۴-۱-۲-۳- تاثیر pH بر جذب سطحی کروم توسط دو نوع بیوچار



شکل ۴-۸- تغییرات جذب سطحی کرومات به‌عنوان تابعی از pH محلول توسط بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد

بیش‌ترین میزان جذب کرومات توسط بیوچار سبوس برنج شکل (۴-۸) در $pH = 7/06$ صورت گرفت که میزان آن ۲۴/۳۸ درصد بود و با افزایش pH، بیش‌تر از ۷ میزان جذب کاهش یافت. بیش‌ترین میزان جذب کرومات توسط بیوچار برگ سنجد شکل (۴-۸) در $pH = 8/82$ انجام شد و با افزایش pH، بیش‌تر از ۸/۵ میزان جذب کاهش یافت. در جذب کرومات بیوچار سبوس برنج میزان

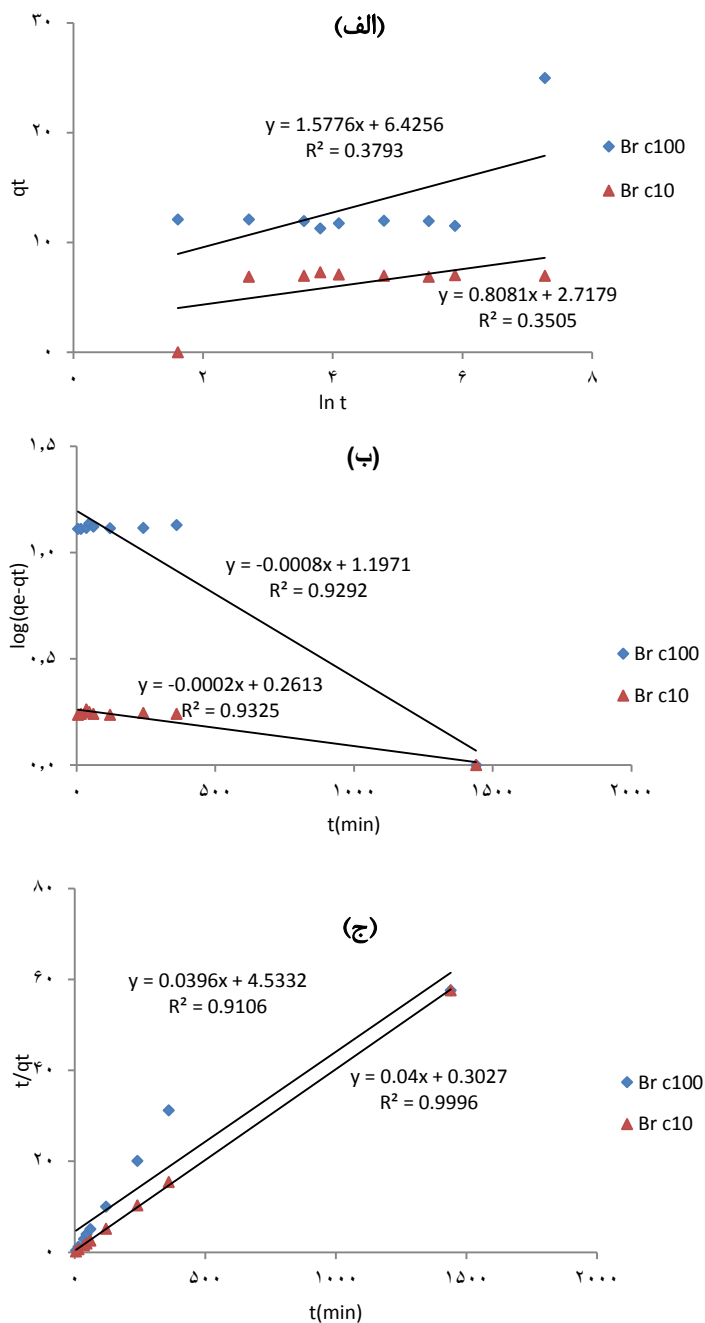
جذب بالاتری نسبت به بیوچار برگ سنجد داشت. دلیل کاهش جذب کرومات در pH های بالاتر این است که، یون هیدروکسیل در محلول زیاد شد و با یون کرومات برای جذب بر روی سایت‌های فعال جاذب رقابت کرده و جذب کرومات را کاهش داد (صحرانورد و همکاران، ۲۰۱۱). ناصح و همکاران (۱۳۹۲) نیز دریافتند که می‌توان کاهش جذب با افزایش pH را این‌گونه بیان کرد که در pH های کم، به دلیل کم بودن غلظت یون OH^- در محیط، گروه‌های OH^- بر روی جاذب بر اساس اصل لوشاتلیه تمایل داشتند به طرف محیط حرکت کنند، لذا گروه‌های مثبتی بر روی جاذب به وجود آمد که سبب جذب آنیون شد و با افزایش مقدار pH غلظت یون‌های OH^- در محلول افزایش یافت و گروه‌های OH^- بر روی جاذب، هیچ تمایلی برای آزاد شدن نداشتند، لذا مکان‌های مثبت کمتری وجود داشت و در نتیجه عمل جذب آنیون کمتری صورت گرفت (یائو و همکاران، ۲۰۱۲). در تحقیقی دیگر، واگتی و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که از پارامترهای مهم در مطالعات جذب که باعث کنترل جذب یون‌های فلزی شد، pH بود. اثر pH در جذب کروم نشان‌دهنده‌ی اثر متقابل بین یون‌های محلول و کمپلکس کروم در جذب سطحی بود.



کروم شش ظرفیتی می‌تواند به شکل‌های مختلف در محلول وجود داشته باشد که بستگی به pH محلول و غلظت کروم شش ظرفیتی دارد. pH محلول باعث اثر متقابل بین جاذب و ماده‌ی جذب شده می‌گردد. به‌طور کلی جذب سطحی کروم شش ظرفیتی به اشکال HCrO_4^- و CrO_4^{2-} در pH بیشتر از ۴ و به شکل دی‌کرومات در pH کمتر از ۳ انجام می‌شود (واگتی و همکاران ۲۰۰۸). در جذب کرومات نیز محدوده‌ی حداکثر جذب با محدوده‌ی pH_{zpc} مطابقت داشت (شکل ۴-۵).

۳-۱-۴- جذب سطحی نیترات

۱-۳-۱-۴- سینتیک جذب



شکل ۹-۴- سینتیک جذب سطحی نیترات توسط سبوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

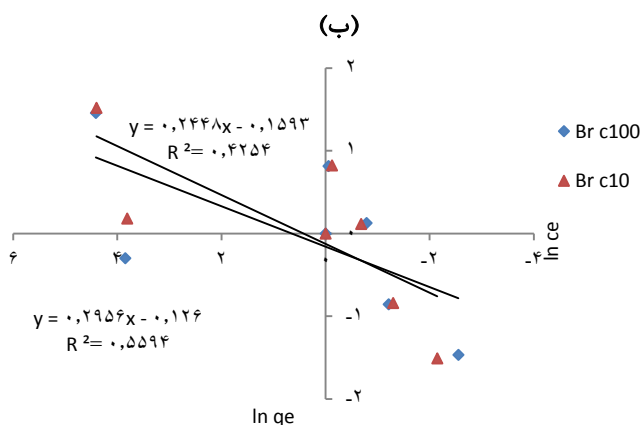
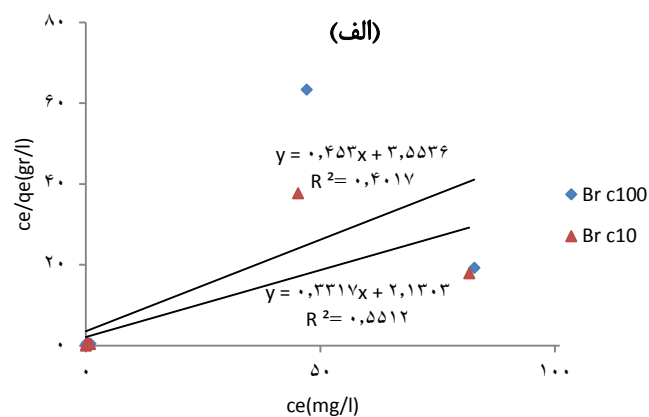
با توجه به شکل (۴-۹) در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات، سینتیک مرتبه‌ی یک با R^2 ، ۹۲ درصد برازش بهتری نسبت سینتیک مرتبه دو با ضریب رگرسیون ۰/۹۱ دارد، ولی در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از محلول نیترات سینتیک مرتبه‌ی دو با R^2 ، ۹۹ درصد برازش مناسبی برای داده‌های آزمایشی داشت. در تحقیقی که توسط کاماراج و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد، در جذب نیترات توسط نانو ذرات هیدروکسید روی، داده‌های سینتیکی از مدل سینتیک مرتبه‌ی دوم پیروی کرد. در بررسی جذب نیترات گزارش شد مدل شبه مرتبه دوم نسبت به مدل شبه مرتبه اول دارای ضریب تشخیص بالاتری است. همچنین مدل شبه مرتبه اول برای توصیف مکانیسم جذب در زمان‌های کم و مدل شبه مرتبه دوم برای زمان‌های بیشتر کارایی بهتری داشت (چاترجی و وو، ۲۰۰۹).

جدول ۴-۵- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی مدل‌های سینتیکی نیترات توسط بیوچار سبوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ نیترات

مدل‌ها	پارامترها	100ppm	10ppm
مرتبه صفر	β	۰/۶۳۳	۱/۲۳۷
	α	۹/۰۹۷	۲/۶۵۳
	R^2	۰/۳۷	۰/۳۵
مرتبه اول	Q_e (mg/gr)	۱۵/۷۴	۲۵
	K_1 (1/min)	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵
	R^2	۰/۹۲	۰/۹۳
مرتبه دوم	Q_e (mg/gr)	۲۷/۱۰	۱/۸۲۵
	K_2 (gr/mg.min)	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴
	R^2	۰/۹۱	۰/۹۹

۴-۱-۳-۲- ایزوترم‌های جذب

در مورد ایزوترم‌های جذب نیترات، با توجه به شکل (۴-۱۰) در جذب نیترات توسط بیوچار سبوس برنج ایزوترم فروندلیچ با دو درصد بیش‌تر یعنی با ضریب رگرسیون ۰/۴۲ مناسب داده‌های این آزمایش بود و در جذب توسط بیوچار سبوس برنج هر دو نوع ایزوترم فروندلیچ و لانگمویر برازش یکسان داشت و هر دو مناسب داده‌های آزمایش بود. در بررسی ایزوترم‌های جذب نیترات توسط نانو ذرات تیتانیوم مدل لانگمویر برازش بهتری نسبت به مدل فروندلیچ داشت (کاماراج و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۴-۱۰- ایزوترم‌های جذب سطحی نیترات توسط بیوجار سبوس برنج در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ نیترات- (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

با توجه به جدول (۴-۶) مشاهده شد که هر دو نوع بیوجار در پارامترهای موجود در مدل‌ها تقریباً

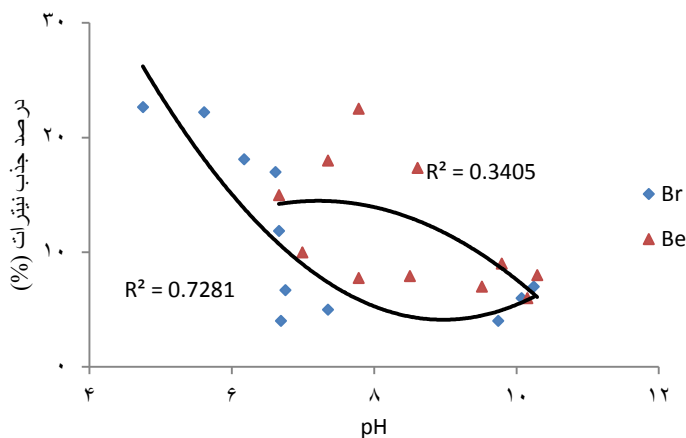
یکسان بوده و تفاوت چندانی میان دو مدل برای برازش داده‌ها وجود ندارد.

جدول ۴-۶- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوجار برگ سنجد و سبوس برنج

پارامترهای مدل		Be	Br
مدل فروندلیچ	R^2	۰/۴۲	۰/۵۵
	N	۴/۰۸۴	۳/۳۸۲
	K_f	۰/۸۵	۰/۸۸
مدل لانگمویر	R^2	۰/۴۰	۰/۵۵
	b(L/mg)	۰/۱۲۷	۰/۱۵۵
	Q_m (mg/gr)	۲/۲۰۷	۳/۰۱۴

۴-۱-۳-۳-تأثیر pH بر جذب سطحی نیترات توسط دو نوع بیوچار

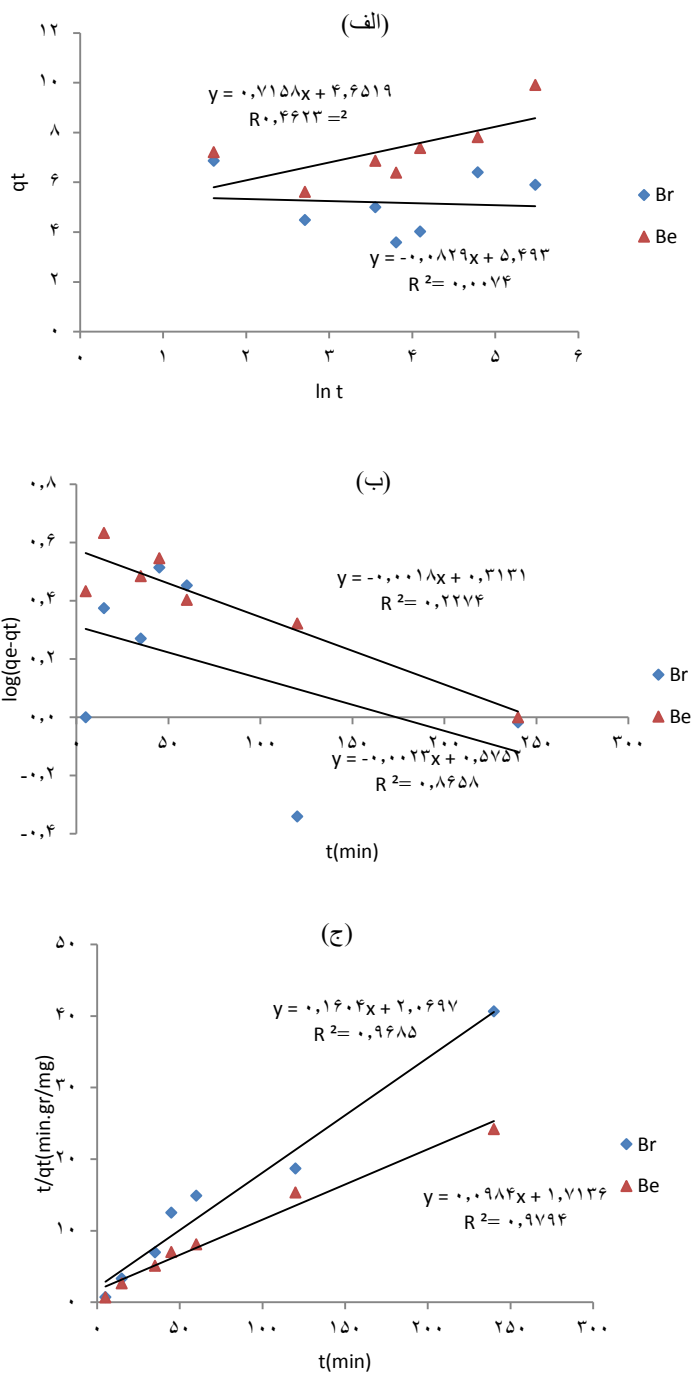
با توجه به شکل (۴-۱۱) بیشترین میزان جذب نیترات توسط بیوچار سبوس برنج در pH، ۴/۷۵ با درصد جذب ۲۲/۶۷ درصد انجام شد و بیشترین میزان جذب نیترات توسط بیوچار برگ سنجد در pH، ۷/۷۸ و با درصد جذب ۲۲/۵۲ درصد انجام شد و با افزایش pH میزان جذب در هر دو نوع بیوچار کاهش یافت. در مطالعاتی که توسط دیوبند و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد، نشان داد که در حداکثر راندمان جذب نیترات توسط نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در pH، ۵ بود و با افزایش pH راندمان جذب کاهش یافت و دلیل آن را این گونه عنوان کرد که، در pHهای کم، سطح جاذب دارای بار مثبت می‌گردد و این عامل باعث افزایش تمایل جذب در یون‌های نیترات که دارای بار منفی هستند می‌شود. در pHهای زیاد، یون‌های OH^- با یون‌های نیترات برای جذب در جایگاه‌های جاذب رقابت می‌نمایند و با اشغال مکان‌های جاذب باعث کمتر شدن ظرفیت جاذب در جذب نیترات می‌شوند. علاوه بر این در مقادیر pH بالا، بار منفی در سطح جاذب افزایش یافته و کاهش راندمان جذب نیترات را به دنبال دارد.



شکل ۴-۱۱- تغییرات جذب سطحی نیترات به‌عنوان تابعی از pH محلول توسط بیوچار برگ سنجد و سبوس برنج

۴-۱-۴- جذب سطحی کادمیم

۱-۴-۱-۴- سینتیک جذب



شکل ۴-۱۲- سینتیک جذب سطحی کادمیم توسط بیوجار برگ سنجد و سبوس برنج- (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

با توجه به شکل (۴-۱۲) ارزیابی سینتیکی نشان داد که، سینتیک مرتبه دوم با R^2 بالای ۹۶ درصد برازش بهتری را نسبت به دو مرتبه‌ی صفر و یک نشان داد و هم‌خوانی بیشتری را با داده‌های آزمایشی جذب نیترات توسط دو نوع جاذب برگ سنجد و سبوس برنج را نشان داد. در جذب کادمیم توسط گوشت میوه‌ی سیب، سینتیک جذب مرتبه‌ی دوم با ضریب رگرسیون بالای ۰/۸۴ برازش بهتری را برای داده‌های آزمایشی نشان داد (چاند و همکاران، ۲۰۱۴).

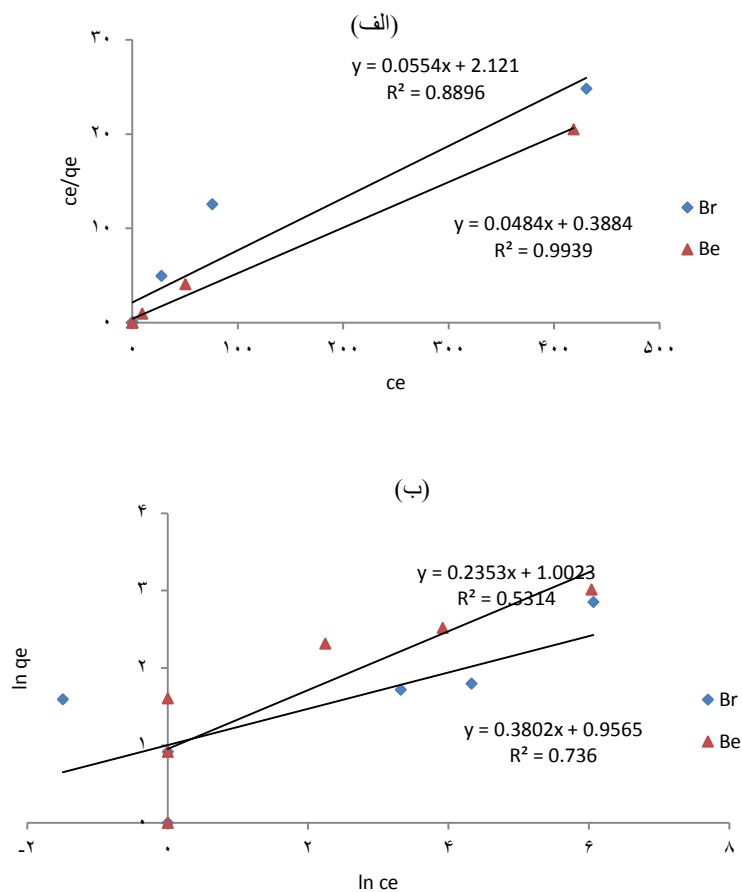
جدول ۴-۷- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی مدل‌های سینتیکی کادمیم توسط بیوجار سبوس برنج و برگ سنجد

مدل‌ها	پارامترها	Br	Be
مرتبه صفر	β	۱۲/۰۶	۱/۳۹۸
	α	۱	۴/۹۵۳
	R^2	۰/۰۰۷	۰/۴۶
مرتبه اول	Q_e (mg/gr)	۲/۰۵۶	۳/۷۶۰
	K_1 (1/min)	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵
	R^2	۰/۲۲	۰/۸۶
مرتبه دوم	Q_e (mg/gr)	۶/۲۳۴	۱۰/۱۶
	K_2 (gr/mg.min)	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵
	R^2	۰/۹۶	۰/۹۷

۴-۱-۴- ایزوترم‌های جذب

با توجه به شکل (۴-۱۳) ایزوترم جذب مدل لانگمویر با ضریب رگرسیون بالای ۰/۸۸ هم‌خوانی بهتری با داده‌های تجربی را نشان داد. در تحقیقی که توسط جعفری و احمدی اسپچین (۱۳۹۱) انجام شد، در جذب سطحی کادمیم توسط بیومس جلبک قهوه‌ای سیستوسرایندیکا^۷، مدل فروندلیچ، برازش بهتری نسبت به مدل لانگمویر برای تفسیر ایزوترم جذب کادمیم داشت. در جذب کادمیم توسط نانو ذرات رس داده‌های آزمایش با مدل ایزوترم فروندلیچ مطابقت داشت (معتمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

⁷ -Cystoseira indica



شکل ۴-۱۳- ایزوترم‌های جذب سطحی کادمیم توسط بیوجار سیوس برنج و برگ سنجد- (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

جدول ۴-۸- پارامترهای محاسبه‌شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوجار سیوس برنج و برگ سنجد

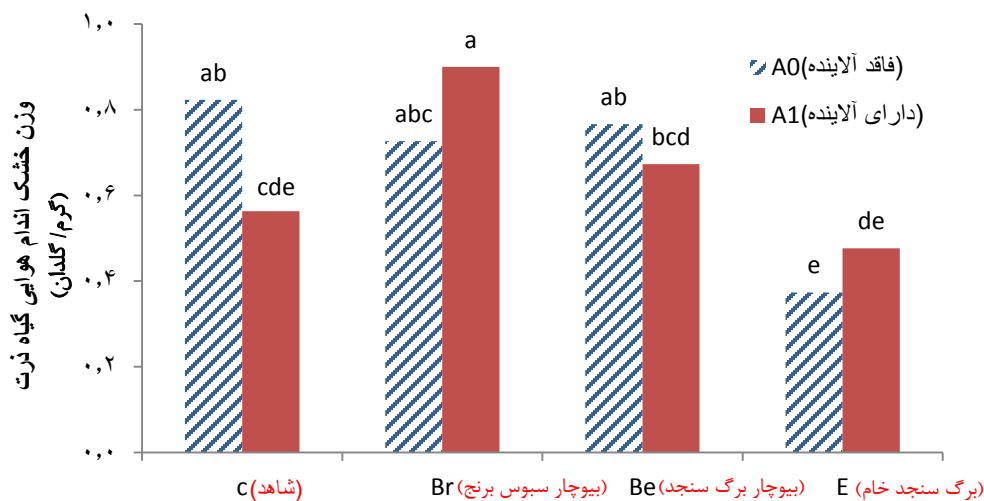
پارامترهای مدل		Be	Br
مدل فروندلیچ	R^2	۰/۷۳	۰/۵۳
	N	۲/۶۳۰	۲/۸۳
	K_f	۱/۱۰۰	۲/۷۲
مدل لانگمویر	R^2	۰/۹۹	۰/۸۸
	b(L/mg)	۰/۱۲۴	۰/۰۲۶
	Q_m (mg/gr)	۲۰/۶۶	۱۸/۰۵

۴-۲- مطالعات گلخانه ای

در مطالعات گلخانه ای اثر بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد و برگ سنجد خام روی برخی از خصوصیات زهاب گلدان‌ها از جمله: پ هاش، شوری، کروم شش ظرفیتی، حجم زهاب و وزن خشک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شد.

۴-۲-۱- وزن خشک اندام‌های هوایی

با توجه به جدول تجزیه واریانس (ضمیمه ۷-۱)، اثر بیوچار بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه ذرت در سطح یک درصد معنی دار و اثر متقابل آلاینده و بیوچار در سطح ۵ درصد معنی دار شد. با توجه به شکل (۴-۱۵) اضافه کردن برگ سنجد باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک اندام‌های هوایی ذرت نسبت به شاهد شد که کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه را به همراه داشت، بیش‌ترین میزان وزن خشک متعلق به بیوچار سبوس برنج به همراه آلاینده ($Br+A_1$) و بعد از آن مربوط به نمونه شاهد (C) و کم‌ترین آن متعلق به برگ سنجد خام (E) بود. اضافه کردن بیوچار سبوس برنج باعث افزایش ۶۰ درصدی وزن خشک و اضافه کردن برگ سنجد خام باعث کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک نسبت به نمونه شاهد شد. بایستی یادآور شد که برگ سنجد دارای خاصیت آللوپاتی است (کاردان و همکاران، ۱۳۹۲) به همین دلیل این خاصیت مانع رشد گیاه در مراحل اولیه شد. شکل ۴-۱ نشان داد که افزودن ۶۰ میلی گرم بر لیتر کروم به خاک باعث کاهش کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه شد (شکل ۴-۱۵).



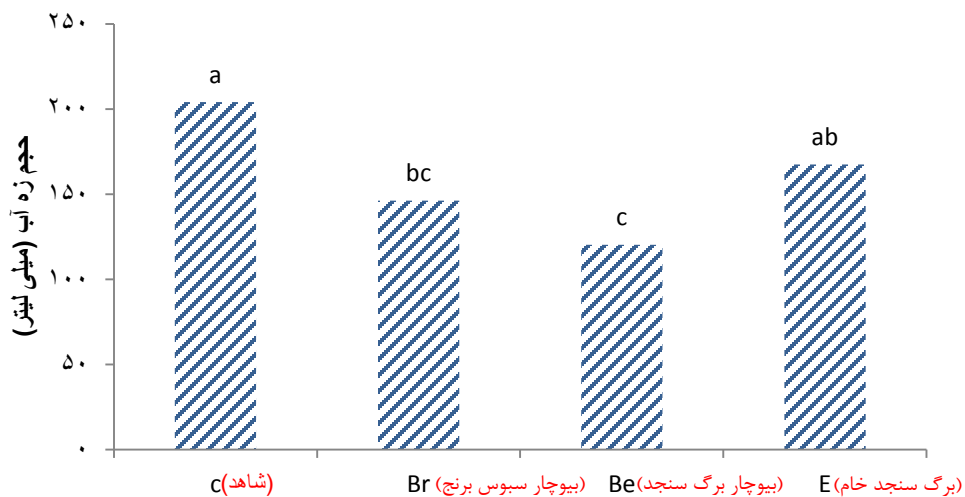
شکل ۴-۱۵- تأثیر تیمارها بر وزن خشک اندام هوایی ذرت.

(عدم داشتن حروف مشترک در بالای ستون هر شکل، نشانه‌ی معنی دار بودن است)

۴-۲-۲-۴- حجم زهاب

با توجه به شکل (۴-۱۶) مشخص شد که اثر بیوچار بر حجم زهاب و اثر آلاینده در سطح یک درصد معنی دار شدند اما اثر متقابل معنی‌داری نداشتند. جدول مقایسه میانگین (ضمیمه ۷-۵) نشان داد که بیش‌ترین میزان زهاب خروجی متعلق به نمونه شاهد (C) و کم‌ترین میزان زهاب مربوط به نمونه‌ی دارای بیوچار برگ سنجد (Be) است. کاربرد بیوچار سبوس برنج و بیوچار برگ سنجد خام به ترتیب باعث کاهش ۲۸ و ۴۱ درصدی حجم زهاب نسبت به نمونه شاهد شد. اما استفاده از برگ سنجد خام تفاوت معنی‌داری را در حجم زهاب نسبت به شاهد نشان نداد. نواک وهمکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که بیوچار تولید شده از علف سوئیچ^۸، ظرفیت نگهداری آب را در یک خاک سبک بافت بهبود بخشید با توجه به این مطلب افزودن بیوچار به خاک به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب، باعث کاهش زهاب خروجی شد.

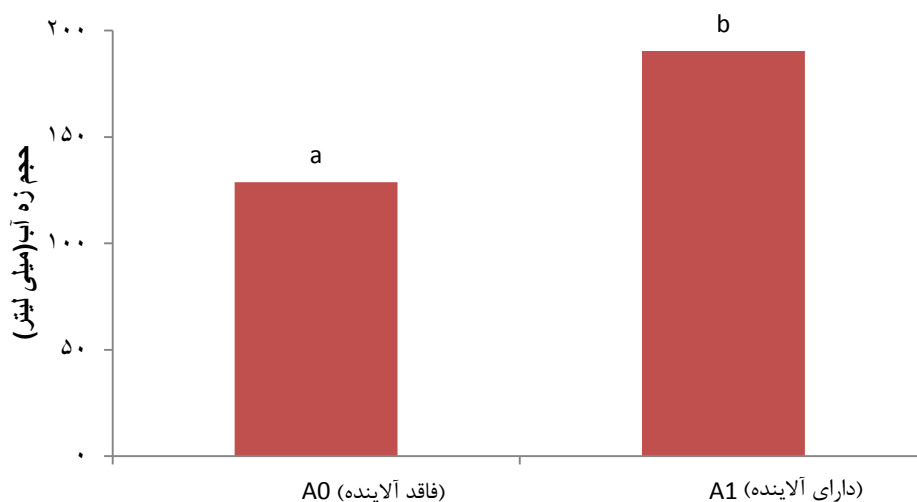
⁸ -switch grass



شکل ۴-۱۶- تأثیر بیوچار بر میزان زهاب خروجی از گلدان‌ها

(عدم داشتن حروف مشترک در بالای ستون هر شکل، نشانه‌ی معنی دار بودن است)

با توجه به شکل (۴-۱۷) افزودن آلاینده (شامل محلول حاوی ۶۰ میلی گرم کروم بر لیتر) باعث افزایش ۳۲ درصدی حجم زهاب خروجی شد که به احتمال زیاد، دلیل این امر این است که با افزودن آلاینده به گلدان‌ها میزان رشد گیاهان کاهش یافت و به دنبال آن آب کمتری توسط گیاهان جذب شده و باعث افزایش حجم زهاب شد.

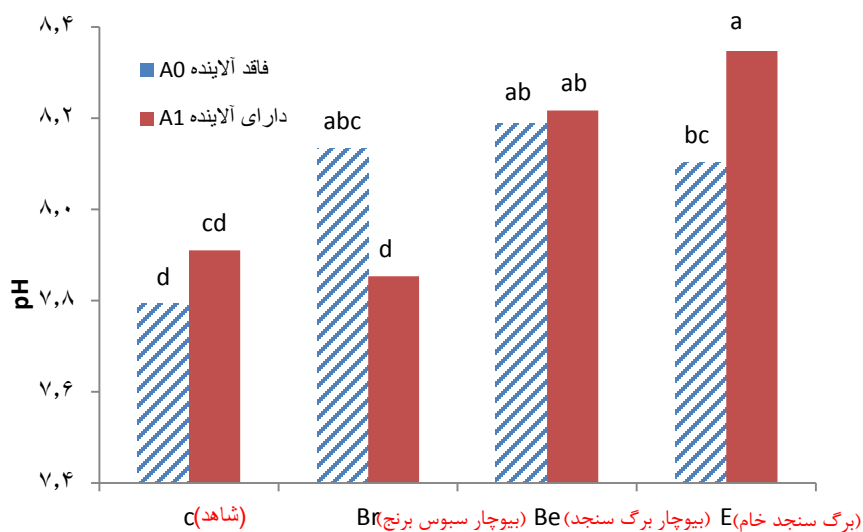


شکل ۴-۱۷- تأثیر کروم بر میزان زهاب خروجی

(عدم داشتن حروف مشترک در بالای ستون هر شکل، نشانه‌ی معنی دار بودن است)

۴-۲-۳- pH زهاب خروجی

با توجه به جدول تجزیه واریانس (ضمیمه ۷-۲) اثر بیوچار بر pH در سطح یک درصد و اثر متقابل بیوچار و آلاینده در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. با توجه به شکل (۴-۱۸) مشاهده شد که pH نمونه شاهد کمتر از سایر نمونه‌ها بود و با افزودن بیوچار میزان pH محلول افزایش پیدا کرد، در این میان برگ سنجد خام به نسبت بیش‌تری باعث افزایش pH شد و بیش‌ترین میزان pH متعلق به نمونه‌ی شاهد (C) و کم‌ترین میزان pH متعلق به نمونه‌ی برگ سنجد خام به همراه آلاینده (E+A₁) بود. علت افزایش یافتن pH در نمونه برگ سنجد خام بالا بودن pH اولیه برگ سنجد با توجه به جدول (۳-۱) است، که باعث افزایش ۰/۶ واحدی pH نسبت به نمونه شاهد شد. بسیاری از محققین افزایش در pH خاک زمانی که بیوچار در خاک مورد استفاده قرار گرفت را گزارش کردند از جمله آن‌ها ون زوئیتن و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که pH بیوچار می‌تواند متنوع باشد اما اغلب بالاتر از ۹ است. هم‌چنین بیوچارها توانایی بالایی در افزایش اسیدیته خاک دارد (جاودانی و همکاران، ۱۳۹۱).



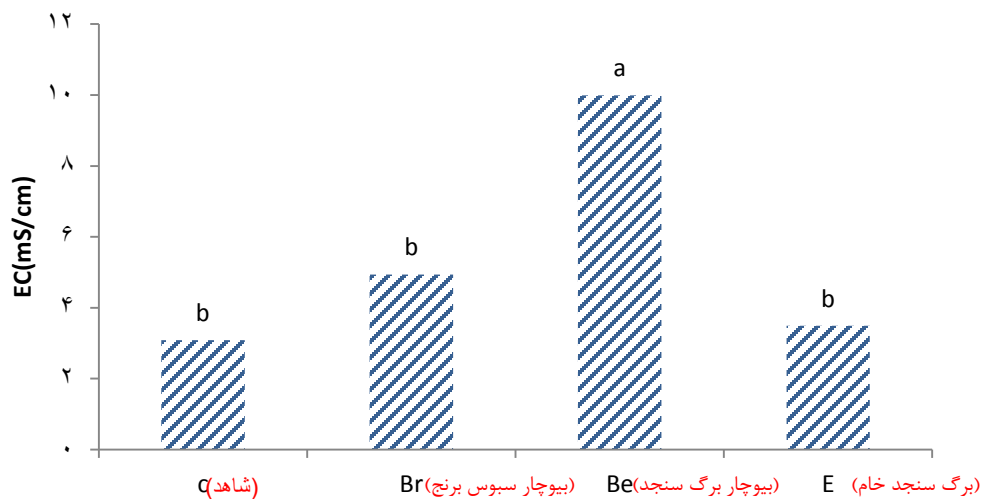
شکل ۴-۱۸- تأثیر تیمارها بر میزان pH زهاب خروجی

(عدم داشتن حروف مشترک در بالای ستون هر شکل، نشانه‌ی معنی دار بودن است)

۴-۲-۴- EC زهاب خروجی

با توجه به جدول تجزیه واریانس (ضمیمه ۷-۲) اثر بیوچار بر EC اثر آلاینده در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد و اثر متقابل معنی داری نداشت.

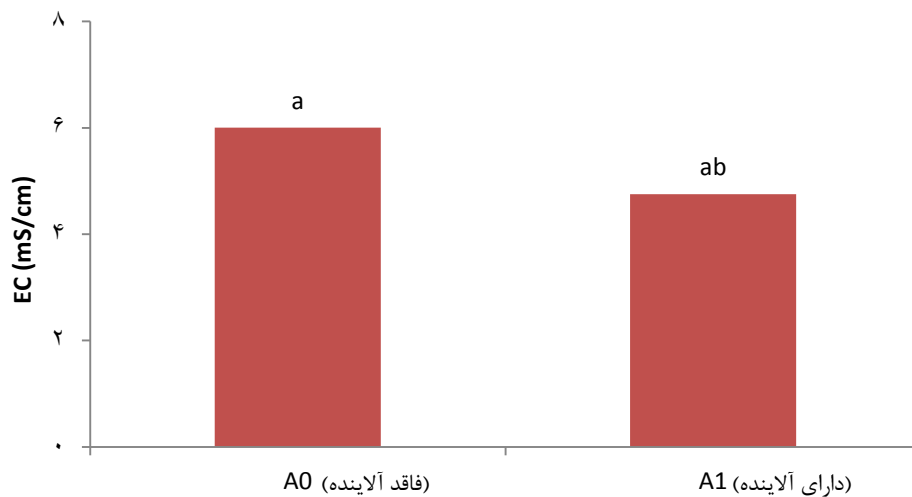
با توجه به شکل (۴-۱۹) مشاهده شد که بیوچار برگ سنجد تفاوت معنی داری در EC زهاب خروجی نسبت به سایر نمونه‌ها داشت، اما نمونه شاهد نسبت به نمونه بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد خام تفاوت معنی داری نداشت و بیشترین میزان EC مربوط به بیوچار برگ سنجد و کمترین آن متعلق به نمونه شاهد بود و همچنین طبق این جدول افزودن بیوچار برگ سنجد سبب افزایش ۳ برابری شوری نسبت به نمونه شاهد شد. به احتمال زیاد این افزایش EC به دلیل اولیه‌ی بالای بیوچارها است.



شکل ۴-۱۹- تأثیر بیوچار بر میزان EC زهاب خروجی

(عدم داشتن حروف مشترک در بالای ستون هر شکل، نشانه‌ی معنی دار بودن است)

با توجه به شکل (۴-۲۰) مشاهده شد که با افزودن آلاینده به گلدان‌ها تفاوت معنی‌داری در EC زهاب نسبت به نمونه‌ی شاهد ایجاد نشد به عبارت دیگر افزودن آلاینده تأثیر چندانی در میزان EC زهاب نداشت.

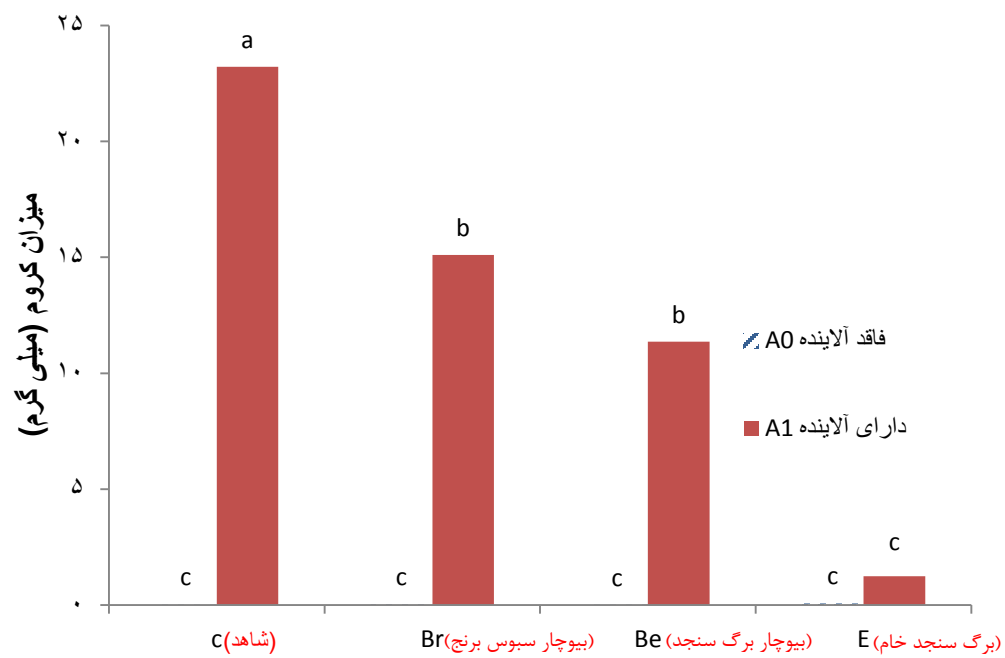


شکل ۴-۲۰- تأثیر آلاینده بر میزان EC زهاب

(عدم داشتن حروف مشترک در بالای ستون هر شکل، نشانه‌ی معنی دار بودن است)

۴-۲-۵- غلظت کروم

در جدول تجزیه واریانس (ضمیمه ۷-۳) اثر بیوچار و اثر آلاینده و اثر متقابل این دو بر جذب کروم در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با توجه به شکل (۴-۲۱) مشاهده شد که در اندازه‌گیری کروم، افزودن برگ سنجد خام باعث کاهش معنی‌دار میزان کروم نسبت به نمونه شاهد شد و همچنین با توجه به شکل دیده شد که افزودن بیوچارها باعث جذب کروم از زهاب خروجی شد که تاثیر بیوچار برگ سنجد در این خصوص بیش‌تر بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین (ضمیمه ۷-۴) بیش‌ترین میزان کروم در زهاب حاصل از نمونه‌ی شاهدی که حاوی آلاینده (C+A₁) و کم‌ترین آن در نمونه‌ی برگ سنجد خام (E) مشاهده شد و همچنین با توجه به جدول (ضمیمه ۷-۴)، افزودن برگ سنجد خام به نمونه‌های حاوی آلاینده باعث افزایش ۹۵ درصدی میزان جذب کروم نسبت به نمونه شاهد شد و افزودن بیوچار سبوس برنج و بیوچار برگ سنجد موجب افزایش ۳۵ و ۵۱ درصدی جذب کروم شد بیوچار از ورود این مواد به آبهای زیرزمینی جلوگیری می‌کند و در نتیجه باعث جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود (ریبعی و همکاران، ۱۳۹۲). در نتیجه با توجه به نتایج بالا، افزودن بیوچار به خاک باعث جذب کروم از محلول آلاینده می‌شود و علاوه بر کاهش آلودگی آب باعث جذب بیش‌تر کروم توسط گیاه می‌شود.



شکل ۴-۲۱- تأثیر تیمارها بر میزان کروم موجود در آب آشوبی

(عدم داشتن حروف مشترک در بالای ستون هر شکل، نشانه‌ی معنی دار بودن است)

فصل پنجم

نتیجہ گیری و پیشہ سادہ

نتایج:

- با توجه به نتایج حاصل از تحقیقات در محلول‌های آبی:

- از چهار عنصر مورد مطالعه که شامل فسفات، کرومات، نیترات و کادمیم می‌شدند، بیش‌ترین میزان جذب در pHهای مختلف، توسط دو نوع بیوچار مورد مطالعه، مربوط به عنصر کادمیم با میزان جذب ۹۹/۹ درصد و بعد از آن متعلق به ترکیب فسفات با میزان جذب ۹۵/۴۱ درصد بود. دو ترکیب نیترات و کرومات به ترتیب دارای جذب ضعیف‌تری نسبت به دو عنصر بالای بودند و میزان جذب این عناصر به ترتیب ۲۲/۶۷ و ۲۴/۳۸ بود. که با توجه به این اعداد می‌توان نتیجه گرفت که بیوچارها جاذب بهتری برای ترکیب فسفات و عنصر کادمیم هستند و اثر کمتری در جذب آنیون‌های کرومات و نیترات دارند.

- در مورد سینتیک جذب، همه‌ی عناصر از سینتیک مرتبه‌ی دوم تبعیت کرده و با آن هم خوانی بیش‌تری داشتند.

- در ایزوترم جذب نیز به جز عنصر کادمیم همگی عناصر از مدل فروندلیچ پیروی کردند.

- در مورد اثر pH نیز می‌توان گفت که جز عنصر نیترات سایر عناصر حداکثر جذب خود را در محدوده‌ی pH_{zpc} انجام دادند.

- نتایج حاصل از تحقیقات بر روی خاک نشان داد:

- در مورد وزن خشک اندام هوایی اضافه کردن بیوچار سبوس برنج و بیوچار برگ سنجد به ترتیب باعث افزایش ۶۰ و ۳۰ درصدی وزن خشک گیاه شد ولی اضافه کردن برگ سنجد خام باعث کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک نسبت به نمونه شاهد شد، در این مورد بیوچار سبوس برنج اثر مطلوب‌تری بر وزن خشک اندام هوایی یا به عبارتی بر رشد گیاه داشت.

- کاربرد بیوچارهای سبوس برنج و برگ سنجد، به ترتیب باعث کاهش میزان ۲۸ و ۴۱ درصدی حجم زهاب خروجی نسبت به تیمار شاهد شد.

- در مورد جذب کروم نیز می توان گفت که، افزودن برگ سنجد خام، بیوچار سبوس برنج و بیوچار برگ سنجد خام به ترتیب باعث افزایش ۹۵، ۳۵ و ۵۱ درصدی جذب کروم محلول شد.
- در تغییرات EC نیز بیوچار سبوس برنج و بیوچار برگ سنجد به ترتیب باعث افزایش ۳۷ درصدی و سه برابر شدن EC خاک شدند.
- pH خاک نیز با افزودن بیوچار برگ سنجد ۸ درصد افزایش یافت و با توجه به نتایج حاصل شده می-توان بیان کرد که افزودن بیوچار به خاک در اکثر موارد باعث بهبود خواص خاک شد.

پیشنهادها

- استفاده از بیوچارهای حاصل از منابع آلی مختلف در کاهش آلودگی آب‌های آلوده به فسفات و کادمیم
- مقایسه بین ترکیبات آلی و بیوچارهای تولید شده از این ترکیبات بر جذب آلاینده ها
- بررسی اثر بیوچار بر جذب سایر عناصر آلاینده خاک و آب
- بررسی خصوصیات فیزیکی بیوچار قبل و بعد از جذب عناصر
- طولانی تر شدن زمان رشد گیاه و تحقیق و مقایسه اثر بیوچار بر گیاهان مختلف
- اضافه کردن بیوچار در چند دوره رشد مختلف گیاه و مقایسه‌ی آن ها با هم در شرایط مزرعه-ای
- اضافه کردن بیوچار در اعماق مختلف و مقایسه میزان اثر آن بر رشد گیاه در شرایط مزرعه‌ای

فصل ششم

منابع

- ۱- جاودانی، ص. س. لکزیان، ا و خراسانی، ر. (۱۳۹۱). تاثیر بیوچار بر غلظت فرم‌های معدنی نیتروژن در خاک‌های اسیدی. همایش ملی خاک کشاورزی پایدار. دانشگاه ملایر.
- ۲- جعفری، ن. و احمدی، ا. س. (۱۳۹۱). جذب سطحی فلزهای کادمیم و سرب از محلول‌های آبی به وسیله بیومس جلبک قهوه‌ای سیستوسرایندیکا. مجله پژوهش‌های گیاهی. شماره ۱. جلد ۲۷. ص ۲۳-۳۱.
- ۳- خداپنده، ن. (۱۳۷۵). غلات. انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۳۷.
- ۴- خداپنده، ن. (۱۳۸۲). غلات موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. چاپ هفتم، ص ۵۹۲.
- ۵- دیوبند، س. شیرازی، پ. دیوبند، ل. آزادی، س و تیشه‌زن، پ. (۱۳۹۲). بررسی مدل‌های غیرخطی سینتیک و ایزوترم جذب برای نیترات توسط ذرات دی‌اکسید تیتانیوم. نشریه اب و توسعه پایدار. شماره ۱، سال اول. ص ۳۵ تا ۴۱.
- ۶- ربیعی، ه. داوری، م. مقیمی نژاد، س. و ارمغان، ف. (۱۳۹۲). بیوچار (ماده نیم‌سوز) ماده اصلاح‌کننده خاک در کشاورزی پایدار همایش ملی علوم و فنون کشاورزی.
- ۷- زرین کفش، م. (۱۹۵۵). خاک‌شناسی کاربردی ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه‌های کمی خاک-آب-گیاه.
- ۸- سعادت‌مند، ل. قربانلی، م. و نیاکان، م. (۱۳۹۲). بررسی تغییرات مهم‌ترین مواد مؤثره ثانوی و فعالیت آن‌تی اکسیدانی اندام‌های مختلف گیاه دارویی سنجد در رویشگاه مختلف خراسان رضوی فصل‌نامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی. سال اول. شماره ۴.
- ۹- شیرافروس، ع. لیاقت، چ. م. ستوده نیا، ع و بشلیده، ح. (۱۳۸۵). آلودگی آب‌های زیرزمینی به وسیله کودهای مصرفی کشاورزی (مطالعه موردی دشت قزوین). اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی اهواز دانشگاه چمران.
- ۱۰- صیدالی، ق. عباس پور، ع. اصغری، ح. ر. و اخیانی، ا. (۱۳۹۳). تأثیر کاربردی کودهای فسفره و آلی بر برخی خصوصیات رشدی گیاه تربچه آبیاری شده با آب آلوده به کروم. اولین همایش الکترونیکی یافته‌های نوین در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی.
- ۱۱- ظهیری، ز. نادیان، قمشه ح. ا. کاظمی نژاد، ا. و چرم، م. (۱۳۹۲). آلودگی نیترات ناشی از آبشویی کودهای نیتروژنه در گیاه گندم و جو. اولین همایش ملی آلاینده‌های کشاورزی و سلامت غذایی چالش‌ها و راهکارها اهواز دانشگاه رامین خوزستان.

۱۲- فرجادفر، س. صدرا، م. فرسیابی، ن. و رسولیان، ه. (۱۳۹۲). اثر کودهای شیمیایی نیترات و فسفات بر آلودگی آبها و نقش آن در کشاورزی پایدار (مطالعه موردی: حوزه آبریز تجن). دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط‌زیست سالم همدان شرکت هم اندیشان محیط‌زیست فردا.

۱۳- کاردان، ج. ملکی، م. و عزیزپور، ک. (۱۳۹۲). اثرات آللوپاتیک عصاره آبی برگ سنجد بر جوانه زنی و رشد گیاه چه سه نوع علف هرز اولین همایش یافته‌های نوین در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. دانشگاه تهران.

۱۴- مارزی، م. فرح‌بخش، م. و شهبازی، ک. (۱۳۹۴). ویژگی‌های جذب سطحی نیترات بر کربن فعال. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. شماره ۳، دوره ۴۶: ص (۵۴۵-۵۵۳).

۱۵- معتمدی، ف. معاضد، ه. جعفرزاده حقیقی فرد، ن.ا. و امیری، م. (۱۳۹۱). بررسی سینتیک و ایزوترم جذب از محلول‌های آبی توسط نانو رس‌ها. مجله آب و فاضلاب، شماره ۳.

۱۶- ناصح، ن. تقوی، ل. باریک‌بین، ب. حریفی، ع. (۱۳۹۲). بررسی کار آبی حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آب‌بیا استفاده از جاذب طبیعی پوسته سبز بادام و خاکستر حاصل از آن. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند.

17-Agarwal, G.S. Bhuptawat, H.K. and Chaudhari, S. (2006). Biosorption of aqueous chromium(VI) by Tamarindusindica seeds. Bioresource Technology (97): 949-956

18-Agrafiot, E. Kalderis, D. and Diamadopoulos, E. (2014). Ca and Fe modified biochars as adsorbents of arsenic and chromium in aqueous solutions. Journal of Environmental Management. (146): 444-450

19-Anirudhan, T.S., and Shainy, F.(2015). Adsorption behaviour of 2-mercaptobenzamide modified itaconic acid-grafted-magnetite nanocellulose composite for cadmium(II) from aqueous solutions Journal of Industrial and Engineering Chemistry (32): 157-166.

20-Antoniadis, N. and B. J. Alloway. (2001). Availability of Cd, Ni and Zn to rye grass in sewage sludge treated soil at different temperatures. Journal of Water, Air and soil pollut. (132):201-204.

21- Bansal, M. Singh, D. and Garg, V.K. A. (2009). comparative study for the removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agriculture wastes carbons. Journal of Hazardous Materials(171): 83-9.

22- Chand, P. Kumar, S.A. Sharma, M. and Pakade, Y.B. (2014). Improved adsorption of cadmium ions from aqueous solution using chemically modified apple pomace: Mechanism, kinetics, and thermodynamics. International Biodeterioration & Biodegradation (90): 8-16.

23- Chatterjee, S. and Woo, S.H. (2009). The removal of nitrate from aqueous solutions by chitosan hydrogel beads. Journal of hazardous materials (164): 1012-1018.

24-Da Silva, A.P. Kay, B.D. and Perfect, E. (1994). Characterisation of the Least Limiting water range of soil

25-Gui, J. Liu, X. Zhang, Y. Shen, J. Han, W. Zhang, W. Christie, P. Goulding, K. Vitousek, P. and Zhang F. (2010). Significant acidification in major Chinese croplands Science (327):1008-1010.

- 26-**Huang, W.Y. Li, D. Liu, .Z.Q. Tao, Q. Zhu, Y. Yang, J. and Zhang, Y.M. (2014)** .Kinetics, isotherm, thermodynamic and adsorption mechanism studies of La(OH)₃-modified exfoliated vermiculites as highly efficient phosphate adsorbents .Chemical Engineering Journal (236) :191–201
- 27-**James, B. R. and Bartlet, R. J. (1996)**. Hndbook of soil analysis .Soil science society of america (25) :685-701.
- 28-**Karaca, S. Gurses, A. Ejder, M. Acikyildiz, M. (2014)**. Kinetic modeling of liquidphase adsorption of phosphate on dolomite .J. Colloid. Interf. Sci. (277): 257–263.
- 29- **Kamaraj, R. Pandiarajan, A. Jayakiruba, S. Naushad, M. and Vasudevan, S. (2016)**. Kinetics, thermodynamics and isotherm modeling for removal of nitrate from liquids by facile one-pot electrosynthesized nano zinc hydroxide .Journal of Molecular Liquids (215): 204–211.
- 30-**Khadivinia, K. H. Sharafi, H. Hadi, F. Shahbani Zahiri, H. Modiri, S. Tohidi, A. Mousavi, A. and Salmanian, A.H.(2014)**. Cadmium biosorption by a glyphosate-degrading bacterium, a novel biosorbent isolated from pesticide-contaminated agricultural soils .Journal of Industrial and Engineering Chemistry(20): 4304–4310.
- 31-**Lalley, J. Han, CH. Li, X. Dionysiou, D. D. and Mallikarjuna, N.N. (2016)** .Phosphate adsorption using modified iron oxide-based sorbents in lake water: Kinetics, equilibrium, and column tests .Chemical Engineering Journal (284):1386–1396
- 32-**Lehmann J. (2007)** .Bio-Energy in the Black Frontiers in Ecology and the Environmen .5(7) p. 381-387
- 33- **Liu, X. and Zhang, L. (2015)**. Removal of phosphate anions using the modified chitosan beads: Adsorption kinetic, isotherm and mechanism studies .Powder Technology. 10.1016/j.powtec.2015.02.055
- 34-**Miranda, K.M. Espey, M.G. Wink, D.A. (2001)**. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. Nitric oxide (5): 62-71.
- 35-**Mukherjee, A. and Zimmerman, A.r. (2013)**. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar–soil mixtures .Geoderma (193-194): 122–130.
- 36-**Novak, J.M. Lima, I.M. Xing, B. Gaskin, J.W. Steiner, C. Das, K.C. Ahmedna, M. Rehrh, D. Watts, D.W. Busscher, W.J. Schomberg, H. (2009)** .Charcaterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on aloamy sand .Annals of Environmental Science (3):195-206.
- 37- **Prasad, R. and Power, J.F. (1997)**. soil fertility management for sustainable agriculture .CRC , New York, 384 p.
- 38-**Rout, P.R. Bhunia, B. and Dash, R.R. (2014)**. Modeling isotherms, kinetics and understanding the mechanism of phosphate adsorption onto a solid waste Ground burnt patties. Journal of Environmental Chemical Engineering 2 (11): 1331-1342.
- 39-**Sahranavard, M. Ahmadpour, A. and Doosti, M.R. (2011)** .Biosorption of Hexavalent Chromium Ions from Aqueous Solutionsusing Almond Green Hull as a Low-Cost Biosorbent European .Journal of Scientific Research. (583): 392-400.

- 40-**Seliem, M.K. Komarneni, S. and Abu Khadra, M.R. (2015)** .Phosphate removal from solution by composite of MCM-41 silica with rice husk Kinetic and equilibrium studies .Microporous and Mesoporous Materials (224):51-57.
- 41- **Sowmya, A. and Meenakshi, S (2013)** .An efficient and regenerable quaternary amine modified chitosan beads for the removal of nitrate and phosphate anions.Journal Environ Chem Eng (1):906-915.
- 42-**Sumathi, K.M.S. Mahimairaja, S. and Naidu, R. (2005)** .Use of low-cost biological wastes and vermiculite for removal of chromium from tannery effluent .Bioresource Technology (96) :309-16.
- 43-**Vagheti, J.C.P. Lima, E.C. Royer, B. Brasil, J.L. da Cunha, B.M. Simon, N.M. Cardoso, N.F. and Zapata Norenab, C.P. (2008)** .Application of Brazilian-pine fruit coat as a biosorbent to removal of Cr(VI) from aqueous solution Kinetics and equilibrium study .Biochemical Engineering Journal (42): 67–76.
- 44-**Van Zwieten, L. Kimber, S. Morris, S. Chan, K.Y. Downie, A. Rust, J. Joseph, S. and Cowie, A. (2010)**. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility Plant and Soil (327):235-246.
- 45-**Venugopal, and V. Mohanty, K. (2011)**. Biosorptive uptake of Cr(VI) from aqueous solutions by Parthenium hysterophorus weed: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies .Chemical Engineering Journal (174):151-158
- 46-**Yao, Y. Gao, B. Zhang, M. and Zimmerman, A.R. (2012)** .Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil .Chemosphere (89). 1467–1471.
- 47-**Zheng, H. Wang, Z. Deng, X. Herbert, S. and Xing, B. (2013)** .Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil .Geoderma (206) :32–39.

فصل، مضمون

پوسٹ

جدول ضمیمه ۱-۷ - جدول تجزیه واریانس

میانگین مربعات		درجه‌ی آزادی	منابع تغییر
وزن خشک	حجم زهاب		
۰/۰۰۳	۱۱۲۶/۸۲۳	۲	بلوک
۰/۱۶۷**	۷۵۲۴/۳۰۶**	۳	بیوچار
۰/۰۰۲	۲۲۸۱۶/۶۶۷**	۱	آلاینده
۰/۰۵۸*	۶۴۲/۳۶۱	۳	آلاینده × بیوچار
۰/۰۱۳	۶۰۶/۲۸۷	۱۴	خطا
۱۶/۹۲	۱۵/۴۳		ضریب تغییرات %

و* به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ضمیمه ۲-۷ - جدول تجزیه واریانس

میانگین مربعات		درجه‌ی آزادی	منابع تغییر
EC(ms/cm)	pH زهاب		
۰/۳۰۱	۰/۰۰۲	۲	بلوک
۶۰/۵۲۹**	۰/۱۹۰**	۳	بیوچار
۹/۳۵۰*	۰/۰۰۵	۱	آلاینده
۳/۱۵۰	۰/۰۷۵*	۳	آلاینده × بیوچار
۱/۷۶۴	۰/۰۰۹	۱۴	خطا
۲۴/۷۰	۱/۱۸		ضریب تغییرات %

و* به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ضمیمه ۷-۳- جدول تجزیه واریانس

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات
بلوک	۲	۷۳/۲۸۷
بیوچار	۳	۲۶۴۳/۱۹۱**
آلاینده	۱	۲۷۴۴۹/۲۲۸**
آلاینده × بیوچار	۳	۲۶۷۷/۴۷۹**
خطا	۱۴	۶۸/۰۸۵
ضریب تغییرات %		۲۴/۲۵

و* به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ضمیمه ۷-۴ - مقایسه میانگین

تیمارها	وزن خشک اندام هوایی ذرت (گرم)	pH زهاب	کروم شش ظرفیتی (میلی‌گرم)
شاهد	۰/۸۲۳۳ab	۷/۷۹۳d	۰/۰۲۱c
آلاینده	۰/۵۶۳۳cde	۷/۹۱۰cd	۲۳/۲۲a
بیوچار سبوس برنج	۰/۷۲۷۶abc	۸/۱۳۳abc	۰/۰۲۲c
بیوچار سبوس برنج+آلاینده	۰/۹۰۰۰a	۷/۸۵۳d	۱۵/۱۰۴b
بیوچار برگ سنجد	۰/۷۶۶۷ab	۸/۱۸۷ab	۰/۰۰۱c
بیوچار برگ سنجد+آلاینده	۰/۶۷۳۳bcd	۸/۲۱۷ab	۱۱/۳۶b
برگ سنجد خام	۰/۳۷۳۳e	۸/۱۰۳bc	۰/۰۶۸c
برگ سنجد خام+آلاینده	۰/۴۷۶۷de	۸/۳۴۷a	۱/۲۵c

جدول ضمیمه ۷-۵ - مقایسه میانگین

حجم زهاب (میلی لیتر)	EC(ms/cm)	تیماها	
۲۰۴/۲a	۳/۰۹۰b	C	شاهد
۱۴۶/۳bc	۴/۹۳۳b	Br	بیوچار سبوس برنج
۱۲۰/۴c	۹/۹۹۲a	Be	بیوچار برگ سنجد
۱۶۷/۵ab	۳/۴۹۵b	E	برگ سنجد خام

جدول ضمیمه ۷-۶ - مقایسه میانگین

زهاب(میلی لیتر)	EC(ms/cm)	تیماها	
۱۲۸/۷۵۰	۶/۰۰۲	A0	بی آلاینده
۱۹۰/۴۱۷	۴/۷۵۳	A1	با آلاینده

Abstract

Increased agricultural and industrial activities cause entrance of heavy metals such as chromium, cadmium and nutrients into the water and soil. In this study, two types of Russian olive biochar (Be) and rice husk biochar (Br) were used as an adsorbent, to remove phosphate, nitrate, cadmium and chromate from aqueous solution and soil. For this purpose, kinetics, and adsorption isotherms the effect of contact time, initial concentration and pH in adsorption of phosphate and chromate cadmium and nitrate on two types of biochars in aqueous solution were studied. The results showed that maximum amount of adsorption of chromium by rice husk biochar and russian olive leaves were in pH=7.06 and 8.28 respectively with increasing and decreasing in pH, the adsorption of chromium decrease. However the maximum adsorption of phosphate by rice husk biochar and russian olive leaves were, in pH=6.38 and 8.28 respectively. In comparison between these two types of biochars in adsorption of chromium, rice husk biochar revealed higher adsorption rather than russian olive leaves biochar because the maximum adsorption of phosphate by rice husk biochar was 95.41% and maximum adsorption of chromium by it was 24.38%. In kinetic equations pseudo-second order model had better fit on adsorption kinetics with $R^2 > 0.98$ relative the other two adsorption kinetics in adsorption isotherms, Freundlich model had better fit than the Langmuir model. In case of nitrate adsorption, the maximum amount of nitrate adsorption by rice husk biochar and russian olive leaves biochar were in pH=4.75 and 7.78, respectively. The maximum amount adsorption by rice husk and Russian olive leaves biochars were 22.6% and 22.52%, respectively. In case of kinetics of adsorption of nitrate, second-order kinetics had better fit with the experiment data, though first-order kinetics having $R^2 = 0.92$ had good fit with experiment the data. The results revealed that adsorption isotherms of nitrate by two types of biochar had good fit with adsorption isotherm of both Freundlich and Langmuir models. Experiments and kinetic evaluation in case of cadmium revealed that maximum adsorption by rice husk biochar, was done 91.78% and in pH was 7.15 and maximum adsorption by rice husk biochar was done 99.9% in pH= 7.9. second-order model $R^2 > 0.96$ had better fit relative to the zero-order model and one-order model however in case of adsorption isotherm Langmuir model with $R^2 = 0.88$ was proportional to experimental data with by increasing and decreasing in pH, adsorption rate of chromium was increased and decreased respectively. the results of data experiment revealed that, adding rice husk biochar resulted in increase 60% in dry weight and adding raw russian olive leaves resulted in 50% decrease in dry weight compared to the control sample. Application of rice husk biochar, caused a decrease in drained water volume by 28% and application of russian olive leaves biochar caused 41% decrease in drained water in relative to the control, adding russian olive leaves biochar pH increased by 8% and drained water, caused a increase in EC by triple compared to the control sample. In Chromate drained water adding raw Russian olive leaves, rice husk biochar and russian olive leaves biochar increase in adsorption of chromate were 95%, 35% and 51% respectively in compared to the control.

Key -word: Biochar, chromate, phosphate, cadmium, nitrate, kinetics, isotherms, pH_{zpc} , leaching



Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Soil Chemistry and Fertility

**The Adsorption kinetics of some pollutant elements by biochars of rice
husk and russian olive leave**

By: Arezoo rahimy

Supervisor:

Dr. Ali. Abbaspour

Adviser:

Dr. Hadi. Ghorbani

Dr. Hamid Reza. Asghari

December 2016