

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی کاهش شوری زه آب کشاورزی با استفاده از جاذب کوکوپیت

سارا حویزایی^۱، پروانه تیشه زن^۲، عبدالرحیم هوشمند^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۷

چکیده

محدودیت منابع آب، استفاده از آب‌های نامتعارف مانند زه آب‌های کشاورزی را حائز اهمیت کرده است. کوکوپیت نوعی بستر کشت است که به طور متداول در گلخانه‌ها استفاده می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی کاربرد جاذب کوکوپیت در کاهش شوری زه آب کشاورزی شبیه‌سازی شده با نمک سدیم کلرید در سطوح شوری ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد. به این منظور اثر متغیرهای مستقل pH، مقدار جاذب، زمان تماس و EC اولیه در ۵ سطح مختلف بر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی ارزیابی شد. نتایج نشان داد در شرایط مناسب (pH برابر ۶، مقدار جاذب ۴۰ گرم بر لیتر، زمان تماس ۱۸۰ دقیقه و EC اولیه ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر)، حداکثر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر به ترتیب ۲۰/۰۳ و ۲۰/۱۴ درصد است. برای صحت‌سنجی این برآورد، آزمایشی در شرایط مناسب ذکر شده انجام شد و راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر به ترتیب ۲۰/۷۱ و ۲۰/۸۱ درصد به دست آمد. بررسی مدل‌های سینتیک و ایزوترم جذب یون‌های سدیم و کلر نشان داد که داده‌های آزمایشگاهی تطابق بهتری با مدل سینتیک شبه مرتبه دوم و ایزوترم لانگمویر دارند. بر اساس این پژوهش، کوکوپیت قابلیت کاهش هدایت الکتریکی آب شور را تا حدود ۲۰ درصد داراست.

واژه‌های کلیدی: تاگوچی، جاذب، زه آب، طراحی آزمایش، کوکوپیت

مقدمه

جمله تبادل یونی، اسمز معکوس، نانو فیلتراسیون، الکترودیالیز و تقطیر ناگهانی چندمرحله‌ای استفاده می‌شود که اغلب پرهزینه هستند. بنابراین در سال‌های اخیر روش جذب سطحی به دلیل کارایی، سهولت فرایند، کم‌هزینه و اقتصادی بودن مورد توجه قرار گرفته است (Alaei Shahmirzadi et al., 2018; Elsaid et al., 2020). عوامل مختلفی مانند مقدار جاذب، زمان تماس، تلاطم، pH، دما، اندازه ذرات جاذب، خصوصیات ساختمانی جاذب و غلظت اولیه یون مورد نظر بر فرایند جذب تأثیر گذارند. از این رو، بهینه‌سازی متغیرها برای دستیابی به حداکثر راندمان جذب ضروری است. طراحی آزمایش‌ها یک روش آماری قدرتمند برای ارزیابی تأثیر عوامل ورودی بر خروجی است. یکی از روش‌های طراحی آزمایش، روش تاگوچی است که به عنوان یک روش متداول برای کاهش تعداد آزمایش‌ها با حفظ قابلیت اطمینان به نتایج، استفاده می‌شود. با استفاده از روش تاگوچی، می‌توان تابع‌های گوناگون پاسخ را برحسب پارامترهای تعیین شده، تخمین زد و بدین ترتیب نتایج تخمین زده شده ما را در دستیابی به عواملی که منجر به بهترین نتایج برای آزمایش مورد نظر می‌شود، یاری می‌کنند. دقت طراحی آزمایش، از اجرای آزمایش‌ها در سطوح مناسب پارامترها و مقایسه نتایج واقعی با مقدار طراحی شده حاصل می‌شود. از مزیت‌ها و علل کارآمد بودن روش تاگوچی می‌توان

رشد روزافزون جمعیت جهان و بحران کمبود آب، استفاده از آب‌های شور مانند زه آب‌ها را به عنوان راهکاری برای مقابله با این بحران و تأمین بخشی از نیازهای آبی ضروری کرده است. استفاده مجدد از زه آب‌های کشاورزی می‌تواند منجر به افزایش غلظت نمک‌های محلول در آب آبیاری به‌ویژه سدیم شود (Awan et al., 2020). استفاده از آب شور در کشاورزی سبب کاهش تولید و عملکرد محصول شده و به مرور زمان باعث تخریب و از بین رفتن خاک می‌شود (Aghakhani et al., 2011). از این رو شوری‌زدایی از مهم‌ترین چالش‌های کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است. فناوری‌های مختلفی در جهان برای شوری‌زدایی آب‌های شور از

۱- دانشجوی دکتری گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲- استادیار گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
(* نویسنده مسئول: Email: Hooshmand_a@scu.ac.ir)

اندازه‌گیری شد. برای تعیین pH بار صفر جاذب (pH_{pzc})، ۲ گرم بر لیتر جاذب در محلول نترات پتاسیم یک‌دهم مولار به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر با ۱۵۰ دور در دقیقه قرار داده شد. این آزمایش برای pH اولیه بین ۲ تا ۱۲ تکرار شد و در هر آزمایش، pH نهایی در محلول اندازه‌گیری شد. با رسم نمودار تفاوت pH اولیه و نهایی در مقابل pH اولیه، نقطه‌ای که محور افقی را قطع می‌کند، به عنوان نقطه بار صفر (pH_{pzc}) جاذب معرفی شد. برای شناخت بهتر خصوصیات جاذب، از روش BET برای اندازه‌گیری سطح ویژه و از آنالیز طیف‌سنجی پراش انرژی پرتویکس (EDS) برای بررسی تجزیه عنصری جاذب استفاده شد.

طراحی آزمایش‌ها به روش تاگوچی

عوامل مختلفی بر راندمان جذب یون‌های شوری آب (یون‌های سدیم و کلر) تأثیر دارند. لذا اثر عامل‌های اصلی شامل pH (۵، ۶، ۷، ۸، ۹)، مقدار جاذب (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰) گرم بر لیتر، زمان تماس (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰) دقیقه و EC (۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰) دسی-زیمنس بر متر با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی (به کمک نرم‌افزار مینی‌تب) بررسی و تعداد آزمایش‌های لازم تعیین شد. آرایه‌های متعامد در این روش، تعداد آزمایش‌ها را به حداقل می‌رسانند. بنابراین آرایه متعامد ($L_{25}(5^4)$) انتخاب و تعداد آزمایش‌های موردنیاز از ۶۲۵ به ۲۵ ترکیب آزمایش جاذب ناپیوسته کاهش یافت. تنظیم pH‌های مختلف با استفاده از محلول‌های اسیدسولفوریک و آمونیاک یک مولار صورت گرفت. پس از انجام ۲۵ آزمایش در سه تکرار، از معادله (۱) راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر محاسبه شد.

$$R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100 \quad (1)$$

در این معادله؛ C_0 و C_e به ترتیب غلظت اولیه و نهایی یون شوری در محلول (mg/L) و R راندمان جذب یون شوری (درصد) است.

سیس برای تحلیل نتایج آزمایش‌های طراحی‌شده، تحلیل سیگنال به نویز (S/N) انجام شد. در این مطالعه چون هدف، به‌دست آوردن حداکثر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر بود، بنابراین نسبت S/N با استفاده از معادله (۲)، مقدار بزرگتر-بهتر انتخاب شد.

$$\frac{S}{N} = -10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2)$$

در معادله (۲)؛ y_i : پاسخ به‌دست‌آمده از آزمایش و n : تعداد تکرار آزمایش‌ها است.

پس از محاسبه‌ی سیگنال به نویز (S/N)، آنالیز واریانس (ANOVA) برای تحلیل نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت.

شیوه انجام آزمایش‌ها

شیوه‌سازی زه‌آب کشاورزی در سطوح شوری مختلف ۴، ۸، ۱۲

به حداقل رساندن تعداد آزمایش‌ها، کاهش مواد مصرفی و کاهش زمان انجام آزمایش‌ها اشاره کرد (Rahman and Raheem, 2024). از این روش به‌طور گسترده در بهینه‌سازی فرایندهای جذب استفاده‌شده است (Rahman and Mbachu et al., 2023). تاکنون جاذب‌های مختلفی مانند ژئولیت سودالیت (Abdelmoneim et al., 2020)، پرلیت و پوسته برنج (شکریان و همکاران، ۱۳۹۹)، زغال چوب (صفائیان، ۱۳۹۷)، کربن فعال مخروط درخت کاج (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۶) و باگاس نیشکر (Ahmed, 2015) برای جذب یون‌های شوری آب از محلول‌های آبی استفاده‌شده‌اند. اکثر این جاذب‌ها نیاز به زمان و صرف هزینه زیاد برای تبدیل شدن به جاذب موردنظر را دارند. کوکوپیت نوعی بستر کشت کشاورزی است که از الیاف پوست و پوشش میوه نارگیل تهیه می‌شود و اغلب برای کشت محصولات گلخانه‌ای بکار می‌رود. در مطالعات مختلفی از کوکوپیت به‌عنوان یک جاذب مؤثر برای جذب آلاینده‌های مختلف از محلول‌های آبی استفاده‌شده است (Ganesa and Thiyagarajan, 2024 و Amani et al., 2024) اما به نظر می‌رسد مطالعه‌ای مبنی بر استفاده از این جاذب برای کاهش هدایت الکتریکی یا یون‌های مؤثر بر آن انجام نشده است.

محلول‌ترین و فراوان‌ترین نمک در جهان، نمک سدیم کلرید است که عامل اصلی شوری در بیشتر مناطق است. وجود بیش‌ازحد یون‌های کلر و سدیم مسمومیت و تنش شوری گیاهان را به دنبال دارد. مطالعات نشان می‌دهد که اغلب جاذب‌های زیستی برای افزایش کارایی‌شان باید به بیوجار تبدیل شوند که هزینه‌هایی را در پی دارد (Rostamian et al., 2015 و Daffalla, 2023). در این پژوهش از جاذب کوکوپیت به‌صورت معمول و بدون هیچ‌گونه تغییراتی استفاده شد تا کارایی آن به‌عنوان جاذب یون‌های مؤثر بر شوری (سدیم و کلر) از محلول سنتتیک، بررسی شود. همچنین برای تعیین مناسب‌ترین متغیرها و سطوح آن‌ها از روش طراحی آزمایش تاگوچی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی جاذب و تعیین برخی خصوصیات آن

پژوهش حاضر در آزمایشگاه کیفیت آب دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. جاذب کوکوپیت مورد استفاده در این پژوهش از بسته‌های آماده موجود در بازار تهیه و با الک‌های استاندارد (شماره ۳۵ و ۱۴۰) در اندازه ذرات ۵۰۰-۱۰۵ میکرون جدا شد. سپس برای رفع گرد و غبار بر روی آن، قبل از استفاده چندین مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد و در آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) کوکوپیت، در نسبت ۱:۱۰۰ جاذب به آب مقطر

جاذب با غلظت تعادلی آن در دمای ثابت است (Yousef et al., 2020). برای بررسی ایزوترم جذب، آزمایش‌های ناپیوسته به‌وسیله‌ی محلول‌های آب‌شور با EC اولیه مختلف (۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰) دسی-زیمنس بر متر و با ثابت در نظر گرفتن pH، مقدار جاذب و زمان تماس در شرایط مناسب حاصل از آزمایش‌های طراحی شده تاگوچی انجام و ظرفیت جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکوپیت محاسبه شد. سپس مدل‌های ایزوترم لانگمویر (Langmuir, 1917) و تمکین (Temkin and Pyzhev, 1940) که شکل خطی آن‌ها به ترتیب در معادلات (۶ و ۷) بیان گردیده است، بر داده‌های آزمایشگاهی جذب برازش داده شدند.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{k_L q_{max} C_e} + \frac{1}{q_{max}} \quad (6)$$

$$q_e = \frac{RT}{b_T} \ln A_T + \frac{RT}{b_T} \ln C_e \quad (7)$$

که در این معادلات؛ C_e : غلظت یون جذب‌شونده در محلول در زمان تعادل (mg/L)، q_e : ظرفیت جذب تعادلی (mg/g)، q_{max} : حداکثر ظرفیت جذب (mg/g)، K_L : ثابت تعادل لانگمویر (L/mg)، R : ثابت جهانی گازها (۸/۳۱۴ J/mol.K)، T : دمای مطلق برحسب (K^0) ، A_T و b_T : ثابت‌های ایزوترم تمکین می‌باشند.

برای بررسی استفاده از معادله لانگمویر و میزان مطلوبیت جذب سطحی از ضریب R_L استفاده می‌شود (معادله ۸).

$$R_L = \frac{1}{1 + k_L C_0} \quad (8)$$

در معادله (۸)؛ R_L : پارامتر تعادل (بدون بعد)، C_0 : غلظت اولیه محلول (mg/L) و k_L : ثابت تعادل لانگمویر (L/mg) می‌باشند. در این معادله اگر R_L بزرگ‌تر از ۱ باشد، مدل نامطلوب؛ اگر R_L برابر ۱ باشد، استفاده از شکل خطی مناسب؛ اگر R_L بین صفر تا ۱ باشد، جذب سطحی مطلوب و اگر R_L برابر صفر باشد، مدل ناکارآمد است.

نتایج و بحث

نتایج خصوصیات فیزیکی جاذب کوکوپیت

در جدول (۱) نتایج اندازه‌گیری برخی از خصوصیات فیزیکی جاذب کوکوپیت ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی جاذب

اندازه ذرات (μm)	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	سطح ویژه (m^2/gr)
۱۰۵ - ۵۰۰	۶/۴۳	۰/۰۵۲	۳۷/۱۵

۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر صورت پذیرفت. از نمک سدیم کلرید (NaCl) برای ساخت محلول‌های آبی شور استفاده شد. همه‌ی آزمایش‌های طراحی شده به‌صورت ناپیوسته و در سه تکرار انجام شدند. در کلیه‌ی آزمایش‌ها اندازه ذرات جاذب (۵۰۰-۱۰۵ میکرون)، دمای محیط و دور شیکر (۱۸۰ دور بر دقیقه) ثابت در نظر گرفته شد. در پایان آزمایش‌ها، جاذب به کمک کاغذ صافی از محلول جدا شد و غلظت یون سدیم محلول با دستگاه فلیم‌فتومتر و غلظت یون کلر محلول از روش تیتراسیون با نیترات نقره اندازه‌گیری و راندمان جذب یون‌های شوری آب توسط کوکوپیت محاسبه شد.

بررسی سینتیک جذب

سینتیک جذب، بیانگر سرعت واکنش و نوع برهمکنش بین جاذب و جذب‌شونده است (El Nemr et al., 2021). برای بررسی سینتیک جذب، آزمایش‌های ناپیوسته با ثابت در نظر گرفتن pH، مقدار جاذب و EC اولیه در شرایط مناسب حاصل از آزمایش‌های طراحی شده‌ی تاگوچی در زمان تماس‌های مختلف (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ دقیقه انجام و ظرفیت جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکوپیت از معادله (۳) محاسبه شد.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (3)$$

سپس مدل‌های سینتیک شبه مرتبه اول (Lagergren, 1898) و شبه مرتبه دوم (Ho and McKay, 1999) که شکل خطی آن‌ها به ترتیب در معادلات (۴ و ۵) ارائه شده است، بر داده‌های آزمایشگاهی جذب برازش داده شدند.

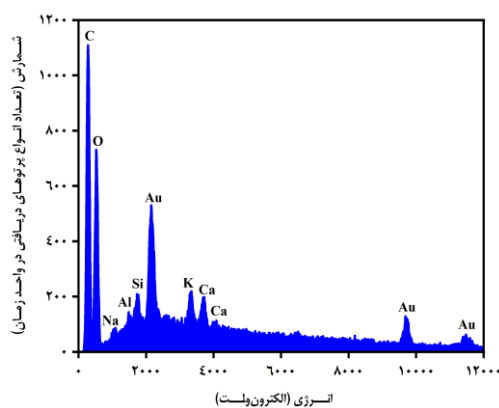
$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \quad (4)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (5)$$

در معادلات بالا؛ C_0 : غلظت اولیه یون شوری در محلول (mg/L)، C_e : غلظت نهایی یون شوری در محلول (mg/L)، m : جرم جاذب (g)، V : حجم محلول یون شوری (L)، q_e : ظرفیت جذب تعادلی (mg/g)، q_t : مقدار یون جذب‌شده در زمان t (mg/g)، K_1 : ثابت جذب مدل شبه مرتبه اول (1/min) و K_2 : ثابت جذب مدل شبه مرتبه دوم (g/mg.min) می‌باشند.

بررسی ایزوترم جذب

ایزوترم جذب بیانگر رابطه بین مقدار ماده جذب‌شده در واحد جرم



شکل ۱- آنالیز تجزیه عنصری جاذب کوکوبیت

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمایش‌های طراحی شده تاگوچی بر راندمان جذب سدیم و کلر

شماره آزمایش	pH	مقدار جاذب (گرم بر لیتر)	زمان تماس (دقیقه)	EC اولیه (دسی‌زیمنس بر متر)	راندمان جذب سدیم (درصد)	راندمان جذب کلر (درصد)
۱	۵	۱۰	۳۰	۴	۸/۰۲	۸/۹۰
۲	۵	۲۰	۶۰	۸	۱۰/۴۲	۱۱/۳۳
۳	۵	۳۰	۱۲۰	۱۲	۱۲/۸۴	۱۴/۰۸
۴	۵	۴۰	۱۸۰	۱۶	۱۶/۸۰	۱۸/۰۹
۵	۵	۵۰	۲۴۰	۲۰	۱۸/۹۴	۲۰/۰۲
۶	۶	۱۰	۶۰	۱۲	۱۲/۶۰	۱۲/۶۴
۷	۶	۲۰	۱۲۰	۱۶	۱۶/۱۱	۱۶/۱۷
۸	۶	۳۰	۱۸۰	۲۰	۲۰/۰۱	۲۰/۱۰
۹	۶	۴۰	۲۴۰	۴	۱۴/۴۵	۱۴/۴۸
۱۰	۶	۵۰	۳۰	۸	۱۱/۳۳	۱۱/۳۶
۱۱	۷	۱۰	۱۲۰	۲۰	۱۶/۹۸	۱۶/۴۲
۱۲	۷	۲۰	۱۸۰	۴	۱۳/۲۰	۱۲/۸۵
۱۳	۷	۳۰	۲۴۰	۸	۱۳/۹۸	۱۳/۵۸
۱۴	۷	۴۰	۳۰	۱۲	۱۱/۳۴	۱۰/۸۹
۱۵	۷	۵۰	۶۰	۱۶	۱۴/۱۰	۱۳/۶۰
۱۶	۸	۱۰	۱۸۰	۸	۱۳/۶۰	۱۳/۲۲
۱۷	۸	۲۰	۲۴۰	۱۲	۱۴/۵۸	۱۴/۱۶
۱۸	۸	۳۰	۳۰	۱۶	۱۱/۲۸	۱۰/۷۹
۱۹	۸	۴۰	۶۰	۲۰	۱۶/۷۲	۱۶/۱۷
۲۰	۸	۵۰	۱۲۰	۴	۱۱/۹۴	۱۱/۶۱
۲۱	۹	۱۰	۲۴۰	۱۶	۱۵/۶۳	۱۵/۱۲
۲۲	۹	۲۰	۳۰	۲۰	۱۲/۶۶	۱۲/۱۴
۲۳	۹	۳۰	۶۰	۴	۱۰/۱۸	۹/۸۷
۲۴	۹	۴۰	۱۲۰	۸	۱۳/۳۴	۱۲/۹۸
۲۵	۹	۵۰	۱۸۰	۱۲	۱۵/۳۳	۱۴/۹۱

جدول ۳- نسبت سیگنال به نویز در سطوح مختلف هر فاکتور بر راندمان جذب سدیم

سطح/متغیر	pH	مقدار جاذب (گرم بر لیتر)	زمان تماس (دقیقه)	EC اولیه (دسی زیمنس بر متر)
۱	۲۲/۱۳	۲۲/۲۵	۲۰/۶۷	۲۱/۰۸
۲	۲۳/۲۹	۲۲/۴۵	۲۱/۹۹	۲۱/۹۱
۳	۲۲/۸۰	۲۲/۴۶	۲۲/۹۹	۲۲/۴۵
۴	۲۲/۶۰	۲۳/۱۵	۲۳/۸۶	۲۳/۳۱
۵	۲۲/۴۶	۲۲/۹۷	۲۳/۷۶	۲۴/۵۴
دلنا	۱/۱۶	۰/۹۰	۳/۱۹	۳/۴۶
مرتبہ	۳	۴	۲	۱

جدول ۴- نسبت سیگنال به نویز در سطوح مختلف هر فاکتور بر راندمان جذب کلر

سطح/متغیر	pH	مقدار جاذب (گرم بر لیتر)	زمان تماس (دقیقه)	EC اولیه (دسی زیمنس بر متر)
۱	۲۲/۸۴	۲۲/۲۷	۲۰/۶۴	۲۱/۱۱
۲	۲۳/۳۲	۲۲/۴۳	۲۱/۹۷	۲۱/۹۱
۳	۲۲/۵۱	۲۲/۴۵	۲۳/۰۰	۲۲/۴۵
۴	۲۲/۳۲	۲۳/۱۱	۲۳/۸۶	۲۳/۲۵
۵	۲۲/۱۸	۲۲/۹۱	۲۳/۷۰	۲۴/۴۵
دلنا	۱/۱۴	۰/۸۴	۳/۲۲	۳/۳۴
مرتبہ	۳	۴	۲	۱

نتایج آنالیز تجزیه عنصری

شکل (۱) نتایج آنالیز عنصری جاذب کوکوپیت را با استفاده از آنالیز EDS نشان می‌دهد. مطابق شکل (۱) جاذب کوکوپیت دارای عناصر کربن، اکسیژن، پتاسیم، کلسیم، سیلیسیم، سدیم و آلومینیوم است. در این جاذب، عنصر کربن دارای بیشترین فراوانی و عنصر سدیم کمترین فراوانی را دارد. علاوه بر این مشاهده می‌شود که جاذب کوکوپیت فاقد عنصر کلر است. با توجه به حضور عناصری مانند کربن، کلسیم و پتاسیم که دارای بار مثبت هستند و همگی میل ترکیبی با کلر دارند احتمالاً این جاذب، قادر به جذب یون کلر است. همچنین حضور اکسیژن با بار منفی می‌تواند مؤید امکان واکنش آن با سدیم و احتمالاً مؤثر بودن جاذب مورد مطالعه در جذب یون سدیم باشد. عنصر طلائی موجود در آنالیز به دلیل پوشش طلائی است که روی جاذب قرار گرفته است.

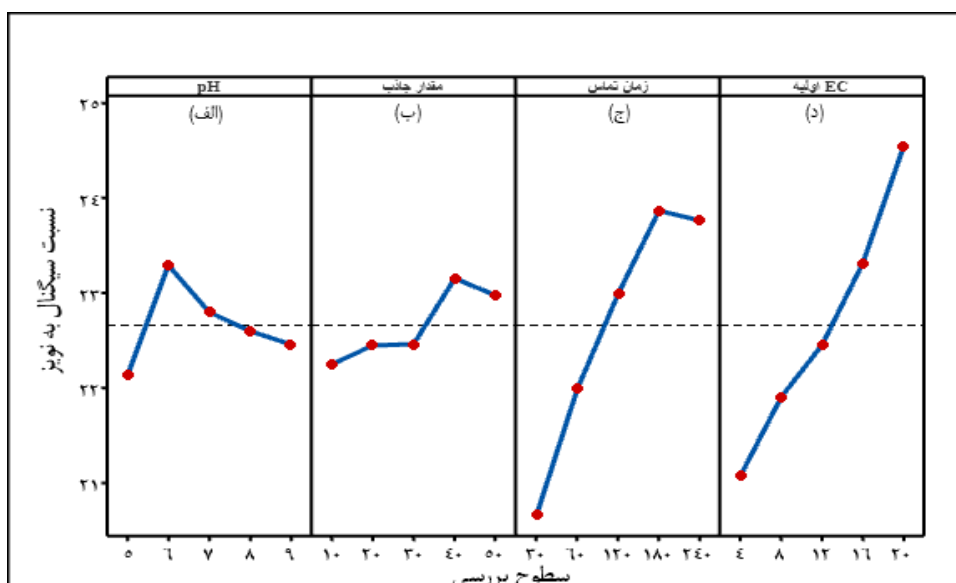
نتایج به دست آمده از آزمایش‌های طراحی شده با روش تاگوچی

بر اساس طراحی روش تاگوچی، ۲۵ آزمایش تعیین شد و میانگین درصد راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر حاصل از سه تکرار به عنوان پاسخ آزمایش‌ها انتخاب شد (جدول ۲).

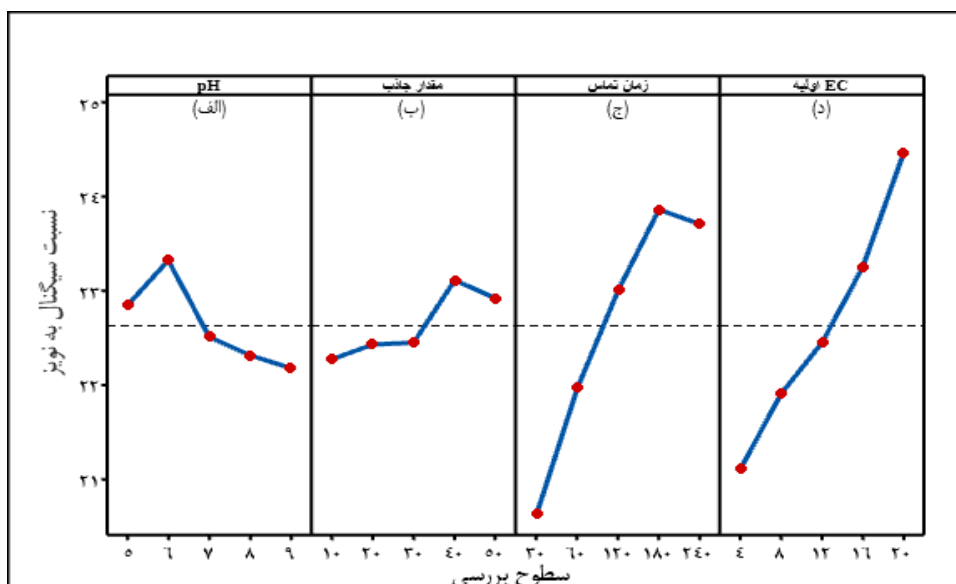
سپس به کمک نرم‌افزار مینی‌تب، مقادیر نسبت سیگنال به نویز (S/N) برای سطوح هر فاکتور بر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر محاسبه شد (جدول‌های (۳ و ۴)). دلنا در جدول‌های (۳ و ۴) بیانگر تفاضل بین بیشترین و کمترین مقدار نسبت سیگنال به نویز است و

میزان تأثیر عامل‌های آزمایش را رتبه‌بندی می‌کند. بنابراین با توجه به مقدار دلنا، مشخص شد در بین فاکتورها، بیشترین میزان تأثیر بر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر مربوط به EC اولیه محلول و کمترین اثر ناشی از مقدار جاذب است.

شکل‌های (۲ و ۳) به ترتیب، نمودار اثرات اصلی برای نسبت سیگنال به نویز بر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر را نشان می‌دهند. بالاترین نسبت سیگنال به نویز بیانگر سطح مناسب برای هر پارامتر است. بنابراین شرایط (سطوح) مناسب برای دستیابی به حداکثر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکوپیت در pH برابر ۶، مقدار جاذب ۴۰ گرم بر لیتر، زمان تماس ۱۸۰ دقیقه و EC اولیه ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. در این شرایط، راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر توسط نرم‌افزار به ترتیب ۲۰/۰۳ و ۲۰/۱۴ درصد پیش‌بینی شد. آزمایش صحت‌سنجی در شرایط مناسب ذکر شده انجام شد و راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر به ترتیب ۲۰/۷۱ و ۲۰/۸۱ درصد به دست آمد که با شرایط پیش‌بینی شده‌ی طراحی آزمایش تاگوچی به ترتیب ۳/۲۸ و ۳/۲۲ درصد اختلاف مشاهده شد. این اختلاف بیانگر قابلیت اعتماد بالای طراحی آزمایش تاگوچی است. آنالیز واریانس (ANOVA) با توجه به نتایج ۲۵ آزمایش طراحی و اجرا شده (هر کدام در سه تکرار) انجام و نتایج آن در جدول‌های (۵ و ۶) برای عوامل مؤثر بر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر ارائه شده است. با توجه به جدول‌های (۵ و ۶) همه‌ی عوامل در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر جذب یون‌های سدیم و کلر دارند.



شکل ۲- نمودار اثرات اصلی نسبت سیگنال به نویز برای جذب سدیم: (الف) pH، (ب) مقدار جاذب، (ج) زمان تماس و (د) EC اولیه



شکل ۳- نمودار اثرات اصلی نسبت سیگنال به نویز برای جذب کلر: (الف) pH، (ب) مقدار جاذب، (ج) زمان تماس و (د) EC اولیه

جدول ۵- آنالیز واریانس بر راندمان جذب سدیم

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار معنی داری
pH	۴	۷/۶۷۷	۱/۹۱۹۲	۰/۰۰۳**
مقدار جاذب	۴	۵/۸۴۹	۱/۴۶۲۳	۰/۰۰۸**
زمان تماس	۴	۸۱/۶۴۴	۲۰/۴۱۱۰	۰/۰۰۰**
EC اولیه	۴	۹۲/۱۸۲	۲۳/۰۴۵۵	۰/۰۰۰**
خطا	۸	۱/۵۴۶	۰/۱۹۳۳	
کل	۲۴	۱۸۸/۸۹۸		

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۶- آنالیز واریانس بر راندمان جذب کلر

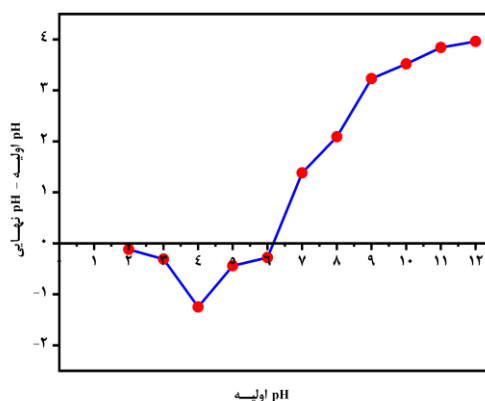
منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار معنی داری
pH	۴	۱۴/۵۲۲	۳/۶۳۰۶	۰/۰۰۰**
مقدار جاذب	۴	۶/۴۷۷	۱/۶۱۹۲	۰/۰۰۶**
زمان تماس	۴	۸۶/۰۰۸	۲۱/۵۰۱۹	۰/۰۰۰**
EC اولیه	۴	۸۹/۸۸۳	۲۲/۴۷۰۸	۰/۰۰۰**
خطا	۸	۱/۵۶۱	۰/۱۹۵۱	
کل	۳۴	۱۹۸/۴۵۱		

ns و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

بررسی تأثیر pH بر جذب سدیم و کلر

نتایج بررسی تأثیر pH بر جذب یون‌های سدیم و کلر در شکل‌های (۲-الف و ۳-الف) ارائه شده است. در این شکل‌ها مشاهده می‌شود با افزایش pH از مقدار ۵ تا ۶، راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر افزایش و با ادامه‌ی افزایش pH از ۶ تا ۹، راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر کاهش یافت. بنابراین مناسب‌ترین pH برای دستیابی به حداکثر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر در pH برابر ۶ به دست آمد. احمد در پژوهشی به بررسی جذب سدیم از محلول آبی توسط جاذب باگاس نیشکر پرداخت. نتایج نشان داد حداکثر جذب سدیم در pH برابر ۶ رخ می‌دهد (Ahmed, 2015). صفائیان (۱۳۹۷) نیز نتیجه مشابهی برای جذب کلر از محلول آبی توسط زغال چوب

به دست آورد. شکل (۴)، نتایج pH بار صفر جاذب کوکوپیت را در محدوده ۲-۱۲ نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۴) مشاهده می‌شود pH بار صفر جاذب کوکوپیت، ۶/۱۵ است. در واقع pH مناسب برای جذب سدیم و کلر کمتر از pH بار صفر جاذب بود و بیانگر این است که سطح جاذب دارای بار مثبت است (samal et al., 2024). بنابراین جاذب تمایل به جذب کلر با بار منفی دارد. در رابطه با جذب سدیم با توجه به این که سطح جاذب دارای بار مثبت بوده، نتیجه گرفته می‌شود بخشی از جذب سدیم روی سطح جاذب کوکوپیت از طریق تعامل غیرالکترواستاتیک مثل جذب شیمیایی رخ داده است. این نتیجه با نتایج پژوهش رسولی (۱۳۹۶) برای جذب سدیم از محلول آبی توسط برگ بلوط مطابقت دارد.



شکل ۴- نقطه بار صفر جاذب کوکوپیت

اثر مقدار جاذب بر جذب سدیم و کلر

حداکثر راندمان جذب سدیم و کلر در مقدار جاذب ۴۰ گرم بر لیتر به دست آمد (شکل‌های ۲-ب و ۳-ب). همان گونه که در شکل‌های (۲-ب و ۳-ب) مشاهده می‌شود با افزایش مقدار جاذب از ۱۰ تا ۴۰ گرم بر لیتر، به دلیل بیش‌تر شدن سطح ویژه جاذب و مکان‌های جذب، راندمان جذب سدیم و کلر افزایش می‌یابد. سپس با کامل شدن فرایند جذب، افزودن مقدار جاذب بیش‌تر از ۴۰ گرم بر لیتر

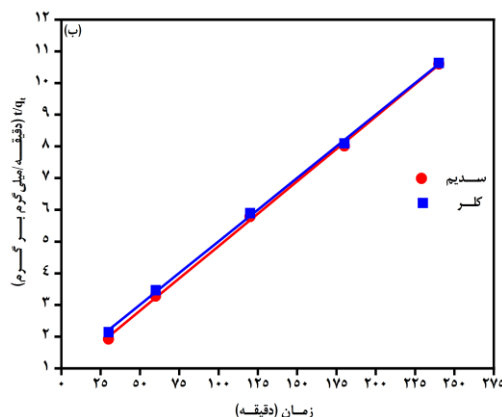
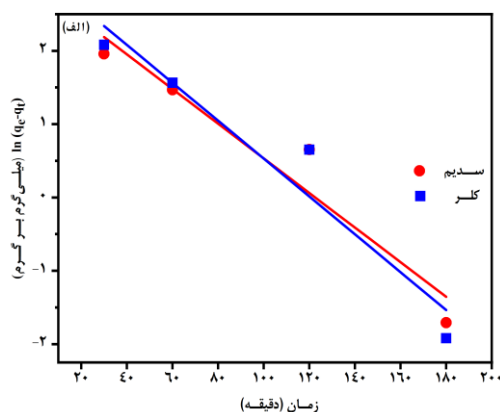
منجر به کاهش راندمان جذب سدیم و کلر شد که احتمالاً می‌تواند ناشی از تجمع و کلوخه شدن جاذب و همچنین کاهش سطح ویژه جاذب باشد (Bafkar and Rasouli, 2021). این نتیجه با نتایج پژوهش عبدالمنعیم و همکاران برای جذب سدیم از آب شور با استفاده از جاذب زئولیت سودالیت مطابقت دارد (Abdelmoneim et al., 2020).

تأثیر زمان تماس و سینتیک جذب

نتایج بررسی تأثیر زمان تماس بر جذب سدیم و کلر در شکل‌های (۲-ج و ۳-ج) ارائه شده است. حداکثر راندمان جذب سدیم و کلر در زمان تماس ۱۸۰ دقیقه به دست آمد. در ابتدای فرایند جذب با افزایش زمان تماس، یون‌های سدیم و کلر فرصت بیشتری برای اشغال مکان‌های جذب بر سطح جاذب داشتند ولی زمانی که فرایند به زمان تعادل رسید، افزایش زمان تماس تأثیر چندانی بر راندمان جذب سدیم و کلر نداشت که احتمالاً به دلیل اشباع شدن مکان‌های جذب و کاهش خلل و فرج جاذب است (Hooshmand et al., 2024). قاسمی و همکاران (۱۳۹۶) نیز زمان رسیدن به تعادل در جذب یون‌های شوری آب آبیاری توسط کربن فعال مخروط درخت کاج را ۱۸۰ دقیقه به دست آوردند. نتایج برازش مدل‌های سینتیک جذب

جدول ۷- پارامترهای مدل‌های سینتیک جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکویت

شبه مرتبه دوم				شبه مرتبه اول				مدل سینتیک
$q_{e.exp}$ (mg/g)	K_2 (1/min)	$q_{e.cal}$ (mg/g)	R^2	$q_{e.exp}$ (mg/g)	k_1 (1/min)	$q_{e.cal}$ (mg/g)	R^2	پارامتر
۲۲/۶۴۳۹	$۲۱/۳۲۷۹ \times 10^{-۴}$	۲۴/۵۰۹۸	۰/۹۹۹۳	۲۲/۶۴۳۹	۰/۰۲۳۶	۱۸/۱۰۵۲	۰/۹۳۳۳	جذب سدیم
۳۳/۹۶۱۱	$۱۴/۵۱۲۴ \times 10^{-۴}$	۳۶/۷۶۴۷	۰/۹۹۹۴	۳۳/۹۶۱۱	۰/۰۲۴۵	۲۷/۹۷۱۹	۰/۹۳۴۶	جذب کلر



شکل ۵- نمودارهای سینتیک جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکویت: (الف) مدل شبه مرتبه اول و (ب) مدل شبه مرتبه دوم

نشان داد که ایزوترم لانگمویر، فرایند جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکویت را با ضریب R^2 بزرگ‌تر، بهتر توصیف می‌کند. بنابراین می‌توان پذیرفت بر اساس فرض ایزوترم لانگمویر، جذب یون‌های سدیم و کلر بر روی جاذب مورد مطالعه یک جذب تک لایه و همگن است. علاوه بر این، بر اساس نتایج جدول (۸) مقدار پارامتر تعادل (R_L) برای جذب سدیم و کلر به ترتیب برابر $۰/۷۰۷۳$ و $۰/۷۰۲۰$ به دست آمد (مقدار R_L بین صفر تا ۱) که مطلوبیت ایزوترم جذب لانگمویر را نشان می‌دهد. مقدار انرژی جذب (b_T) در ایزوترم تمکین برای جذب یون‌های سدیم و کلر، مقداری مثبت بود که نشان

بررسی اثر EC اولیه و ایزوترم جذب

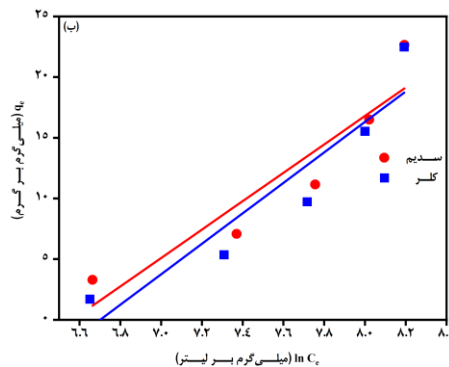
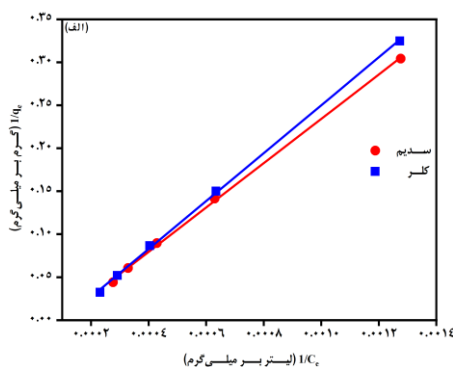
حداکثر راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر در EC اولیه ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل‌های (۲-د و ۳-د)). با افزایش EC اولیه، میزان یون‌های محلول در آب شور افزایش یافته و سبب برخورد بیشتر یون‌ها با جاذب می‌شود. بنابراین با افزایش EC اولیه راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر افزایش یافت. قاسمی و همکاران نیز همین نتیجه را به دست آورده‌اند (Ghasemi et al., 2018). نتایج برازش مدل‌های ایزوترم جذب یون‌های سدیم و کلر در جدول (۸) و شکل‌های (۶-الف و ۶-ب) نشان داده شده است. نتایج این برازش

پرلیت و پوسته برنج بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مدل ایزوترم لانگمویر بهترین تطابق را با داده‌های آزمایشگاهی دارد.

می‌دهد احتمالاً فرایند جذب گرماده بوده است. شکرپان و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای کاهش شوری آب را با استفاده از جاذب‌های

جدول ۸- پارامترهای مدل‌های ایزوترم جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکوپیت

تمکین			لانگمویر			مدل ایزوترم	
A_T (L/g)	b_T (KJ/mol)	R^2	q_{max} (mg/g)	k_L (L/mg)	R_L	R^2	پارامتر
$1/4.088 \times 10^{-3}$	۰/۲۱۱۶	۰/۸۶۷۶	۴۲/۳۷۲۹	$9/1523 \times 10^{-5}$	۰/۷۰۷۳	۰/۹۹۹۳	جذب سدیم
$0/9500 \times 10^{-3}$	۰/۱۴۰۹	۰/۸۷۳۴	۶۲/۱۱۱۸	$6/2927 \times 10^{-5}$	۰/۷۰۲۰	۰/۹۹۹۵	جذب کلر



شکل ۶- نمودارهای ایزوترم جذب یون‌های سدیم و کلر توسط کوکوپیت: (الف) لانگمویر و (ب) تمکین

غیرقابل نفوذ و نشت قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (SCU.WI1402.144) و سازمان آب و برق خوزستان در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

رسولی، ا. ۱۳۹۶. بررسی حذف عنصر سدیم از محلول‌های آبی و ستون خاک با استفاده از نانو جاذب‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

شکرپان، ف.، سلیمانی، کریم، نعمت زاده، ق. و بی‌پروا، پ. ۱۳۹۹. بررسی مقایسه‌ای جاذب‌های زیستی و معدنی در کاهش شوری آب. مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. ۲۲ (۴): ۵۵-۶۶.

صفائیان، س. ۱۳۹۷. بررسی فرآیندهای حذف کلر از محلول‌های آبی توسط جاذب‌های مختلف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد فراوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی معدن و متالوژی، دانشگاه صنعتی

نتیجه گیری

کاربرد جاذب‌های زیستی در کاهش شوری آب، روشی ساده است که با رعایت مسائل محیط‌زیستی می‌توان از آن استفاده نمود. این پژوهش به بررسی کاهش شوری زه آب کشاورزی شبیه‌سازی شده (محلول آبی شور) با استفاده از جاذب کوکوپیت پرداخت که به‌طور متداول در گلخانه‌ها موجود است. نتایج بررسی‌ها نشان داد این جاذب در شرایط مناسب قادر به کاهش حدود ۲۰ درصد یون‌های مؤثر بر شوری محلول است. EC اولیه مؤثرترین عامل در افزایش راندمان جذب یون‌های سدیم و کلر بود و پس از آن به ترتیب زمان تماس، pH و مقدار جاذب عوامل تأثیرگذار بودند. بررسی دو مدل سینتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم و نیز بررسی دو ایزوترم لانگمویر و تمکین نشان داد که جذب سدیم و کلر توسط جاذب کوکوپیت از مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم و ایزوترم لانگمویر تبعیت می‌کند. با توجه به نتایج، کوکوپیت می‌تواند جاذب مناسبی برای کاهش شوری زه آب کشاورزی باشد ولی برای بهره‌برداری مؤثر، انجام آزمایش‌های تکمیلی نظیر بررسی تداخل عناصر و آزمایش‌های واجذب توصیه می‌گردد. همچنین لازم است با رعایت مسائل محیط‌زیستی، جاذب زیستی مصرف‌شده (شور شده) پس از اشباع شدن و عدم توانایی جذب بیش‌تر نمک‌های مؤثر بر شوری، در لندفیل کاملاً مهندسی و

امیرکبیر.

- Elsaid, K., Kamil, M., Sayed, E. T., Abdelkareem, M. A., Wilberforce, T. and Olabi, A. 2020. Environmental impact of desalination technologies: A review. *Journal Science of The Total Environment*. 748:14152.
- Ganesan, M. and Thiyagarajan, C. 2024. Adsorption and desorption kinetics of lead from aqueous solutions by biosorbents. *Journal Chemical Papers*. 78:993–1008.
- Ghasemi, M., Abedi Koupai, J. and Heidarpour, M. 2018. Application of modified zeolite and modified peat in removing salinity ions from irrigation saline waters. *Journal Environmental Engineering*. 144 (8): 04018066.
- Ho, Y. S. and McKay, G. 1999. Pseudo-second order model for sorption processes. *Journal Process Biochemistry*. 34 (5):451–465.
- Hooshmand, A., Menati, M., Tishehzan, P. and Baghdadi, M. 2024. Comparison of Nitrate Biosorption in the Aqueous Solutions by Three Algae Species (*Hypnea charaoides* Lamx, *Cheatomorpha antennina* Borgessen, and *Champia Kotschyana* Harvey) and Application of Selected Alga in a Channel. *Journal Water, Air, and Soil Pollution*. 235 (3):167.
- Lagergren, S. 1898. About the theory of so-called adsorption of soluble substances. *Journal Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*. 24 (4): 1-39.
- Langmuir, I. 1917. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. II. liquids. *Journal American Chemical Society*. 39 (9):1848–1906.
- Mbachu, C. A., Babayemi, A. K., Egboosiuba, T. C., Ifeanyichukwu Ike, J., Jacinta Ani, I. and Mustapha, S. 2023. Green synthesis of iron oxide nanoparticles by Taguchi design of experiment method for effective adsorption of methylene blue and methyl orange from textile wastewater. *Journal Results in Engineering*. 19: 101198.
- Rahman, N. and Raheem, A. 2024. Adsorption of Cd (II) ions on magnetic graphene oxide/cellulose modified with β -cyclodextrin: Analytical interpretation via statistical physics modeling and fractal like kinetic approach. *Journal Environmental Research*. 243:117868.
- Rostamian, R., Heidarpour, M., Mousavi, S. F. and Afyuni, M. 2015. Characterization and Sodium Sorption Capacity of Biochar and Activated Carbon Prepared from Rice Husk. *Journal Agricultural Science and Technology*. 17:1057-1069.
- Samal, P.P., Qaiyum, M. A., Ghosh, A. Kumari, R., Mohanta, J., Das, S., Swain, J., Dey, B. and Dey, S. 2024. Acacia auriculiformis leaf extract mediated green synthesis of goethite and boehmite embedded
- قاسمی، م.، عابدی کوپایی، ج.، حیدر پور، م. و دیناری، م. ۱۳۹۶. تأثیر کربن فعال تولیدشده از مخروط‌های درخت کاج در کاهش پارامترهای شوری آب آبیاری. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*. ۴۸ (۵): ۱۰۹۷–۱۱۰۷.
- Abdelmoneim, A. A., Abdul-Moneim, M., Geies, A.A. and Farghaly, S.O. 2020. Application of zeolite prepared from natural materials for reducing ground water salinity and sodium ion from Wadi El-Assiuti. *Journal Desalination and Water Treatment*. 193:72-82.
- Aghakhani A., Mousavi S. F., Mostafazadeh-Fard B., Rostamian R. and Seraji M. 2011. Application of some combined adsorbents to remove salinity parameters from drainage water. *Journal Desalination*. 275 (1-3): 217–223.
- Ahmed, S. A. 2015. Removal of lead and sodium ions from aqueous media using natural wastes for desalination and water purification. *Journal Desalination and Water Treatment*. 57 (19):1-16.
- Alaei Shahmirzadi, M. A., Hosseini, S. S., Luo, J. and Ortiz, I. 2018. Significance, evolution and recent advances in adsorption technology, materials and processes for desalination, water softening and salt removal. *Journal Environmental Management*. 215:324–344.
- Amani, S., Akbari, Z., Ghiassi, R., Ehsani, S. and Rezaeishirazi, M. 2024. Nitrate and Ammonium Removals from Groundwater by Permeable Reactive Barrier Method (PRB): Column Experiments. *Journal Water, Air, and Soil Pollution*. 235 (136):83-93.
- Awan, S., Ippolito, J. A., Ullman, J. L., Ansari, K., Cui, L. and Siyal, A. A. 2020. Biochars reduce irrigation water sodium adsorption ratio. *Journal Biochar*. 3 (1):77–87.
- Bafkar, A. and Rasouli, A. 2021. Ability of adsorbent nanostructure of eggshell in reducing sodium concentration from soil and water environment. *Journal Environmental Science Studies*. 6(1): 3336-3344.
- Daffalla, S. 2023. Adsorption of Chromium (VI) from Aqueous Solution Using Palm Leaf-Derived Biochar: Kinetic and Isothermal Studies. *Journal Separations*. 10 (4):1–14.
- El Nemr, A., Aboughaly, R. M., El Sikaily, A. El., Ragab, S., Masoud, M.S. and Ramadan, M.S. 2021. Utilization of sugarcane bagasse/ZnCl₂ for sustainable production of microporous nano-activated carbons of type I for toxic Cr(VI) removal from aqueous environment. *Journal Biomass Conversion and Biorefinery*. 13:1581–1600.

Physicochimica U.R.S.S. 12:327-356.

Yousef, R., Qiblawey, H. and El-Naas, M.H. 2020. Adsorption as a process for produced water treatment: A review. Journal Processes. 8 (12):1657.

activated sawdust for Cr (VI) adsorption. Journal Hazardous Materials Advances. 13:1-12

Temkin, M. and Pyzhev, V. 1940. Kinetics of ammonia synthesis on promoted iron catalysts. Journal Acta

Investigation of Reducing the Salinity of Agricultural Drainage Water Using Cocopeat Adsorbent

S. Hoveizavi¹, P. Tishehzan², A. Hooshmand^{3*}
Received: Mar.18, 2024 Accepted: Jun.27, 2024

Abstract

Water resource limitations have made using unconventional waters such as drainage water important. Cocopeat is a type of growing medium that is commonly used in greenhouses. This research aimed to investigate the application of cocopeat adsorbent in reducing the salinity of agricultural drainage water simulated with sodium chloride salt at salinity levels of 4, 8, 12, 16, and 20 dS/m. For this purpose, the effect of independent variables pH, adsorbent dosage, contact time, and initial EC at 5 different levels on the adsorption efficiency of sodium and chloride ions was evaluated using the Taguchi experimental design method. The results showed under optimal conditions (pH equal to 6, an adsorbent dosage of 40 g/L, a contact time of 180 min, and an initial EC of 20 dS/m), the maximum adsorption efficiency of sodium and chloride ions is 20.03% and 20.14%, respectively. To validate this estimate, an experiment was conducted under the mentioned optimal conditions, and the adsorption efficiency of sodium and chloride ions was obtained at 20.71% and 20.81%, respectively. Investigating kinetic and isotherm models of the adsorption of sodium and chloride ions showed that the experimental data have a better match with the pseudo-second-order kinetic model and the Langmuir isotherm model. According to this research, cocopeat has the ability to reduce the electrical conductivity of saline water by about 20%.

Keywords: Adsorbent, Cocopeat, Drainage water, Experimental design, Taguchi

1- Ph.D. student, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3- Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

(*Corresponding Author Email: Hooshmand_a@scu.ac.ir)