نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۷، آذر - دی ۱۴۰۲، ص. ۹۵۲-۹۴۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 17, Dec.-Jan. 2023, p. 943-952

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی مدل‌های ایزوترم جذب فروند لیچ و لانگمویر برای جاذب پوسته برنج در تصفیه شوری آب

فرهاد میرزایی[1*]، شبنم عزیزی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴

چکیده

منابع آب با کیفیت محدود است. کاربرد جاذب‌های زیستی در کاهش شوری آب روشی نو و مناسب محیط‌زیست است. هدف از مقاله حاضر تعیین مقدار حذف شوری توسط جاذب پوسته برنج و برآورد مقدار جذب توسط مدل‌های ایزوترم جذبی فروندلیچ و لانگمویر و ارزیابی آن‌ها می‌باشد. در این مطالعه از یک مدل فیزیکی به ارتفاع تقریباً ۵۰ سانتیمتر و قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد و ارتفاع مخزن به دو قسمت تقسیم شد و در مرکز محل استقرار جاذب موردمطالعه با ضخامت مشخص ۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد در دو سوی لایه جاذب چه به سمت بالا (سطح مخزن) و چه به سمت پایین (کف مخزن) به‌صورت قرینه یکدیگر لایه‌های شن با دانه‌بندی ۰/۳، ۰/۶ و ۱ سانتی‌متر هر کدام به ارتفاع ۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. تیمارهای کیفیت آب شامل کلسیم و منیزیم، سدیم و کلردر چهار غلظت شوری ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ دسی زیمنس بر متر از جاذب پوسته برنج عبور داده شد و میزان جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها توسط جاذب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که برای غلظت‌های مختلف، جذب در ابتدا بسیار بالاست و به مرور زمان کاهش پیدا می‌کند. زمان تعادل برای پارامترهای کیفی کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر بین ۶۰ تا ۹۰ دقیقه در دمای آب ۲۵ درجه سانتی‌گراد و اسیدیته ۷/۴ به دست آمده است. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط درصد بالایی از کاتیون‌های کلسیم و منیزیم و سدیم آب (حدود ۵۰-۶۰ درصد) توسط پوسته برنج جذب شده‌اند. نتایج مدل ایزوترم جذب نشان داد که مدل ایزوترم جذب مدل فروندلیچ نسبت به مدل لانگمویر برآورد بهتری (ده تا ۱۵ درصد) دارد.

واژه‌های کلیدی: ایزوترم جذب لانگ مویر، جاذب زیستی، کاهش املاح

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان، گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، خشک‌سالی‌های پی‌درپی در اکثر کشورهای واقع در کمربند مناطق خشک و بالا رفتن سطح زندگی که رابطه تنگاتنگی با مصرف آب سالم و بهداشتی دارد سبب شده است که تقاضا برای تولید مواد غذایی کشاورزی و همچنین برای مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب در سال‌های اخیر افزایش یابد و منابع آب با کیفیت مطلوب به اوج بهره‌برداری خود برسند و در نتیجه فشار بی‌اندازه به منابع آب وارد آید. سرانه مصرف آب هر ۲۰ سال دو برابر می‌شود و درصد استفاده از آب در بخش خانگی، صنایع و کشاورزی به ترتیب ۱۰، ۲۵-۲۰، ۷۰-۶۵ درصد می‌باشد. از اولین اقدام‌هایی که در طراحی یک سیستم آبیاری قطره‌ای باید انجام گیرد بررسی خصوصیات کیفی آب است. در تصفیه آب شرب در تصفیه خانه ها نیز از میان صافی‌های شنی تند تحت فشار، تند ثقلی و آرام، استفاده از صافی شنی تند ثقلی متداول‌تر است. صافی‌های شنی در آمریکا در سال ۱۸۹۱ با بار هیدرولیکی ۱۱۷ مترمکعب در مربع طراحی گردید. آب بعد از فرآیند زلال‌سازی، وارد بسترهای صافی شنی می شود و آب تصفیه‌شده از میان نازل‌های با شیار ۰/۴ میلی‌متر که در قسمت زیرین صافی هستند عبور کرده و به مرحله کلرزنی انتقال می یابد. روی این نازل ها را شن به‌اندازه ۵-۳ میلی‌متر و با ارتفاع ۱۰ سانتی-متر و روی شن‌ها را ماسه‌هایی به قطر ۱/۳-۰/۸ میلی متر به ارتفاع ۹۰ سانتیمتر فرا گرفته است. بازده فیلتر بستگی به ویژگی‌های بستر (تخلخل بستر فیلتر، نسبت ارتفاع بستر فیلتر به اندازه ذرات آن و شکل و خواص سطحی ذرات فیلتر) دارد. تصفیه آب از طریق جذب سطحی به‌وسیله جاذب صورت می‌گیرد و جذب سطحی به عوامل

۱- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی ، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- کارشناس ارشد علوم و مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: fmirzaei@ut.ac.ir

مساحت سطح، اندازه ذرات جاذب، زمان تماس، حلالیت حل شونده در پساب، تمایل جذب‌شونده به جاذب و PH بستگی دارد.

پور واعظی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای نشان دادند که فیلتر شنی به‌تنهایی تأثیر زیادی در جذب یون‌های آب‌شور مثل (کلر، سدیم، کلسیم و منیزیم) ندارد و فیلتر دارای پوسته گندم باعث کاهش ۳۰٪ کلر، ۱۴٪ کلسیم، ۲۲٪ منیزیم و ۵/۵٪ سدیم شده است ولی درصد کاهش کدورت در فیلتر خاک‌اره ۶۰/۷۸٪، در فیلتر شنی بدون افزودنی، ۶۷٪ و تیمار فیلتر شنی با پوسته گندم ۷۴٪ بود.

راوینا و همکاران با مقایسه تأثیر فیلترهای مختلف (شنی، توری، دیسکی) در کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها به این نتیجه رسیدند که کارایی فیلتر شنی بخصوص برای قطره‌چکان‌های حساس، از همه بیشتر بوده است (Ravina et al,1997).

میرزایی و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی تأثیر ضخامت فیلتر شن بر تصفیه آب در آبیاری قطره‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش لایه ریزدانه وسط در فیلتر شنی تصفیه افزایش می‌یابد و ضخامت حدود ۱۸ سانتی‌متر بهترین عملکرد را از خود نشان داد.

نتایج تحقیق رحمانی‌نسب (۱۳۹۶) نشان داد، تیمار شن- پوسته برنج بیشترین درصد تصفیه تیمارهای کیفیت آب از نوع رس، شوری و نیترات را دارا می‌باشد. تیمار شن- کربن فعال نیز عملکرد قابل توجهی در تصفیه شوری و نیترات را داشت. راندمان کاهش TDS مربوط به تیمار شن- پوسته برنج بیشترین مقدار و تیمار شن (شاهد) کمترین مقدار را دارا بود. همچنین بیشترین و کمترین راندمان کاهش TSS به ترتیب مربوط به تیمارهای شن- پوسته برنج و شن- زئولیت بود. بیشترین درصد کاهش کدورت مربوط به تیمار شن- پوسته برنج و کمترین مربوط به شن- زئولیت بود. شکریان و همکاران در سال ۱۳۹۶، مشاهده کردند که پوسته برنج از مدل لانگمویر و پوسته صدف از مدل فروندلیچ تبعیت می‌کند.

نتایج نشان داد جاذب پوسته برنج کارایی بالایی در جذب نفت از پساب را دارد و از مدل ایزوترمی جذب فروندلیچ پیروی می کند (ابوالحسنی و همکاران، ۱۴۰۰). از پوسته شلتوک، چوب ذرت و خاک‌اره برای حذف سرب از محلول آبی استفاده گردید و زمان تعادل ۱۲۰ دقیقه به دست آمد. نتایج نشان داد با کاهش غلظت اولیه یون فلزی از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ۵ میلی‌گرم بر لیتر، راندمان جذب سرب توسط جاذب‌های مختلف افزایش می‌یابد (Abdel-Ghani,et al, 2007). استفاده از بقایای پوسته برنج و تبدیل آن به بیوچار در شالیزارها به دلیل قابلیت جذب، ظرفیت نگهداری مواد مغذی و سیلیس بالا باعث اصلاح و حاصلخیزی خاک می‌شود (Dalit sing karam et al, 2021).

در یک تحقیق انجام‌گرفته توسط ونگ و همکاران، از پوسته برنج اصلاح‌شده با تارتاریک اسید به‌عنوان جاذب برای حذف سرب و مس استفاده شد و اثرات پارامترهایی نظیرpH ، غلظت اولیه جاذب، اندازه ذرات جاذب و دما موردبررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر این بود که پوسته برنج اصلاح شده یک ماده بالقوه مفید برای حذف سرب و مس از محلول‌های آبی است (Wong et al, 2003). استفاده از پوسته برنج باعث کاهش نسبت جذب سدیمی از ۱۸/۷۵٪ به ۸/۸۴٪ آب‌های شور شد (Singh et al, 2017).

از مواد کربن متخلخل به‌دست‌آمده از پوسته برنج برای حذف جذبی سرب (Pb) و آرسنیک (As) از محلول‌های آبی استفاده کردند. مشخصات مورفولوژیکی و کریستالوگرافی سطح جاذب با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و پرتو اشعه ایکس (XRD) تعیین کردند. راندمان حذف در شرایط مختلف pH (۹-۳)، زمان تماس (۹۰-۳۰ دقیقه)، مقدار جاذب (۶-۰,۵ گرم در لیتر) و غلظت اولیه جذب‌شده (۱۰۰-۱۰ میکروگرم در لیتر) با تغییر پارامترها بررسی شد. نتایج نشان داد راندمان حذف سرب (pb) و آرسنیک As در محلول‌های آبی در شرایط بهینه از ۸۵٪ تا ۹۷٪ برای سرب و آرسنیک می‌تواند افزایش یابد (Zineb Babazad et al, 2021).

بررسی‌های محققین در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که با به‌کارگیری پوسته برنج علاوه بر حذف مواد جامد معلق و محلول، امکان کاهش نیترات، شوری، سدیم، کلر، کلسیم و منیزیم، فلزات سنگین و کدورت وجود دارد. با توجه به تحقیقاتی که انجام شده است، پژوهشی مربوط به میزان جذب آلودگی ها توسط جاذب کربن پوسته برنج برای تصفیه آب آبیاری قطره‌ای با مدل‌های ایزوترم جذب و اینکه از کدام مدل تبعیت می کند، انجام نشده است. در این پژوهش سعی شده است که با برازش دادن داده‌های اندازه‌گیری شده در مدل های ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمویر، بهترین مدل برای جاذب جهت کاهش شوری انتخاب گردد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در آزمایشگاه آبیاری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام پذیرفته است. طرح مطالعاتی در قالب یک تیمار جاذب (پوسته برنج) و یک تیمار کیفیت آب (شوری) و مدت آزمایش دو ساعت در هر تکرار انجام گرفت (Abdel-Ghani et al., 2007). برای این مطالعه از یک مخزن (بخشی از مدل فیزیکی) به ارتفاع تقریباً ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد و ارتفاع مخزن به دو قسمت تقسیم شد و در مرکز محل استقرار جاذب موردمطالعه با ضخامت مشخص ۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد در دو سوی لایه جاذب چه به سمت بالا (سطح مخزن) و چه به سمت پایین (کف مخزن) به‌صورت قرینه یکدیگر لایه‌های شن با دانه‌بندی ۰/۳، ۰/۶ و ۱ سانتی‌متر هر کدام به ارتفاع ۵ سانتیمتر قرار داده شدند. پوسته برنج به‌عنوان جاذب در لایه وسط استفاده گردید. مدل فیزیکی ساخته‌شده

در آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. تیمارهای کیفیت آب شامل کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر (شوری) در چهار غلظت شوری ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ دسی زیمنس بر متر از جاذب پوسته برنج عبور داده شد و میزان جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها توسط جاذب اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری هر ۱۵ دقیقه یک‌بار به مدت‌زمان ۲ ساعت (۸ نمونه‌برداری) انجام شد به‌طوری‌که بعداً نتایج نشان داد برای انجام آزمایش کافی بود ه است (زمان تعادل بین یک تا یک و نیم ساعت). عبدالغنی و همکاران، از پوسته شلتوک، چوب ذرت و خاک‌اره برای حذف سرب از محلول آبی استفاده کردند و زمان تعادل را ۱۲۰ دقیقه گزارش کردند (Abdel-Ghani et al., 2007). پوسته برنج در لایه وسط ستون شن به‌عنوان یک فیلتر مناسب برای تصفیه آب آبیاری با دمای طبیعی و نرمال (دمای آب آبیاری ۲۵–۲۷ درجه سانتی‌گراد) کاربرد دارد. مثل همه فیلترهای تصفیه آب که در دمای معمولی کار می‌کنند. فیلتر شنی و یا فیلتر توری و فیلتر دیسکی در دمای معمولی آب آبیاری کاربرد دارند. در طول مدت تصفیه یک فیلتر شنی دمای آب آبیاری که قرار است مورد تصفیه در فیلتر قرار گیرد مثلاً از ۲۵ درجه به دمای خیلی بالا و یا دمای خیلی پایین نوسان نمی‌کند. آنچه در واقعیت وجود دارد دمای آب آبیاری در طول مدت تصفیه متغیر نیست و اگر یک و یا دو درجه تغییری هم داشته باشد در روند تصفیه تأثیری ندارد. در کاه و کلش بعد از مدت طولانی که در تماس با آب و خصوصاً در مرحله پوسیدگی است تورم ممکن است مطرح باشد اما در پوسته برنج به جهت جذب کم آب خصوصاً در ابتدا که تازه و نو است و برای مدت آزمایش تحقیق حاضر (۲ ساعت) تورم اتفاق نمی‌افتد. حال با فرض اینکه تورم به وجود بیاید و حفره‌ها و سطح جذب تحت تأثیر قرار گیرد. باز مقدار جذب اندازه‌گیری شده توسط جاذب در طول مدت آزمایش متوسط از حالت قبل از تورم و بعد از تورم است، لذا بر روی نتایج آزمایش تاثیرندارد و یا خیلی کم اثر می‌گذارد و معنی‌دار نیست مؤلفین حاضر هم تاکنون تحقیقی در این زمینه پیدا نکرده‌اند.

تعیین میزان شوری

یکی از معیارهای مهم کیفی آب در کشاورزی، شوری آن است؛ زیرا نه‌تنها بر رشد گیاه مؤثر است، بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک را مشخص می‌سازد. همچنین در تأسیس شبکه آبیاری قطره‌ای یکی از مسائل مهم که باید در نظر گرفته شود، مقدار نمک‌های موجود در آب آبیاری مورداستفاده می‌باشد. درجه شوری آب با هدایت الکتریکی (EC) بیان می‌شود. برای اندازه‌گیری آن از دستگاه Conductivity meter استفاده شد. برای تبدیل واحد dS/m به گرم بر لیتر جهت استفاده از مقدار نمک موجود برای اضافه کردن به مخزن ورودی (۱۵ لیتری) از رابطه ۱ استفاده شد.

شکل ۱- مدل فیزیکی با لایه‌های مختلف فیلتر سیلیس و جاذب بین آن‌ها

$$\mathrm{TDS} = 640 \times EC \qquad (۱)$$

EC و TDS مقدار شوری بر حسب واحدهای $\frac{dS}{m}$ و $\frac{mg}{L}$

اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب

در اندازه‌گیری کاتیون‌های کلسیم و منیزیم طبق روال معمول از روش تیتراسیون استفاده شد و سدیم نیز توسط دستگاه فلمفتو متر (Flame photometer) اندازه‌گیری شد. در خصوص اندازه‌گیری آنیون کلر نیز از روش تیتراسیون استفاده شد.

روش انجام آزمایش

در زمانی که هنوز نمونه‌برداری شروع نشده است، حجم آب ورودی ۱۵ لیتر می‌باشد. آب به‌صورت ثقلی وارد مدل فیزیکی می‌شود. به‌طوری‌که ارتفاع آزاد ۱۰ سانتیمتری (تقریباً حجم ۳ لیتر) از مدل تا پایان آزمایش ثابت بماند. در حین عبور جریان از محیط متخلخل و لایه‌های شن و لایه جاذب، عمل تصفیه انجام شد و هر ۱۵ دقیقه یک‌بار (۸ بار خروجی) از لوله خروجی مدل یک نمونه آب تهیه شد برای هر چهار تیمار کیفیت مختلف کیفیت آب این کار انجام شد. طول مدت انجام آزمایش برای هر تیمار کیفیت در هر جاذب به مدت ۲ ساعت بود. نمونه‌های تهیه‌شده در ظرف‌های دربسته برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی نگه‌داری شد.

مدل‌های جذب ایزوترم

دو مدل لانگمویر (Langmuir, 1916.) و فروندلیچ (Freundlich, 1906) بر داده‌های حاصل از آزمایش‌های جذب ایزوترم برازش داده شدند. ایزوترم‌های جذب شامل معادلاتی هستند که در حالت تعادل به کار می‌روند. ایزوترم جذب لانگمویر بیشتر از همه ایزوترم‌های جذب مورداستفاده قرار می‌گیرد. در این مدل فرض می‌شود که مناطق جذب واقع بر سطح جسم جاذب یکنواخت بوده و همگی دارای قدرت جذب یکسان هستند. ایزوترم لانگمویر را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{ab} + \frac{c_e}{a} \quad (۲)$$

c_e تعادل غلظت جذب روی جاذب (غلظت خروجی)، q_e میزان جذب تعادلی (mg/g)، a و b نیز ثابت‌های مدل لانگمویر هستند. با رسم منحنی $\frac{1}{q_e}$ در مقابل $\frac{1}{c_e}$ ، خ راستی با شیب $\frac{1}{ab}$ و عرض از مبدأ $\frac{1}{b}$ را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان a و b را تعیین نمود.

در سال ۱۹۲۶ فروندلیچ جذب مواد را روی زغال چوب موردبررسی قرارداد و مدل تجربی زیر را برای جذب مواد روی جاذب پیشنهاد داد. مدل فروندلیچ بر اساس جذب چندلایه به روی سطح ناهمگن و توزیع ناهمگن انرژی به روی سایت‌های فعال جاذب استوار است.

$$logq_e = logk_f + \frac{1}{n} loqc_e \quad (۳)$$

در رابطه فوق، c_e تعادل غلظت جذب روی جاذب (غلظت خروجی)، q_e میزان جذب تعادلی$\frac{mg}{g}$ و k_f عرض از مبدأ و $\frac{1}{n}$ شیب‌خط هستند. روابط زیر نیز در تمامی مدل‌های ایزوترم به کار می‌رود.

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{M} v \quad (۴)$$

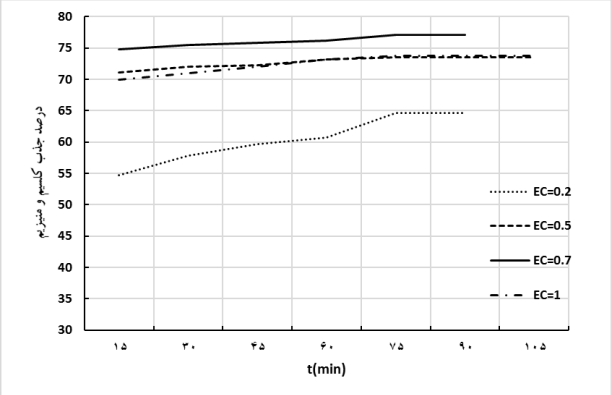
$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (۵)$$

c_0 غلظت اولیه (mql^{-1})، c_e غلظت نهایی (mql^{-1})، M جرم جاذب بر حسب gr و V حجم محلول بر حسب Lit است. مدل‌های فروند لیچ و سینماتیک شبه مرتبه دوم در تصفیه مواد معلق توسط فیلترهای زئولیت و کربن فعال مورد ارزیابی قرار گرفت (Mirzaei,Farhad, 2022).

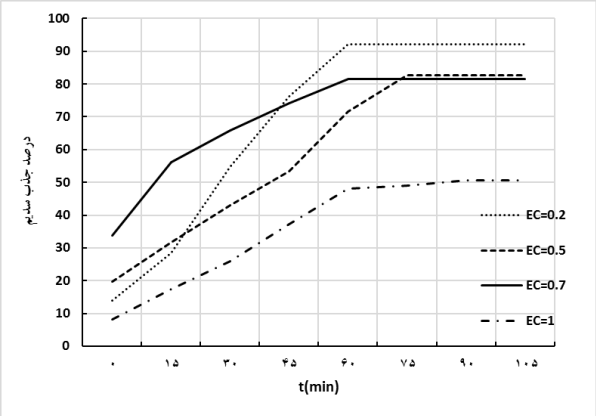
نتایج و بحث

جهت بررسی تصفیه شوری به‌وسیله جاذب پوسته برنج، چهار پارامتر کیفی کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر مورد ارزیابی قرار گرفته است. شکل‌های ۲ تا ۴ تأثیر زمان تماس و غلظت اولیه بر راندمان جذب پارامترهای کیفی یادشده و شکل ۵، میزان شوری جذب‌شده توسط جاذب پوسته برنج را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، پوسته برنج جاذب مناسبی برای کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر می‌باشد. برای شوری‌های مختلف، جذب در ابتدا بسیار بالاست و به‌مرور زمان کاهش پیدا می‌کند تا سرانجام به زمان ثابتی به نام زمان تعادل برسد. با توجه به ثابت بودن دما و اسیدیته نمونه‌های آب مورد آزمایش زمان تعادل برای پارامترهای کیفی کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر بین ۶۰ تا ۹۰ دقیقه به دست آمده است. همچنین می‌توان مشاهده کرد که با افزایش EC، راندمان جذب به جز پارامتر کیفی کلر افزایش یافته است. مطابق شکل ۵، میزان شوری آب خروجی از جاذب موردمطالعه با گذشت زمان، برای همه غلظت‌ها کاهش یافته است. فیلتر شنی برای حذف مواد معلق کاه و کلش و ذرات معدنی مثل شن و ماسه و گل و لای می‌باشد و فیلتر شنی به‌تنهایی نقش دیگری در تصفیه آب ندارد. نتایج تحقیقات زیر نیز در بهتر روشن شدن مطلب کمک می‌کند.

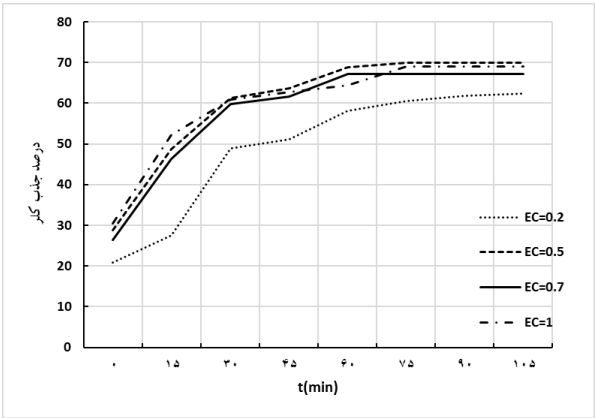
پور واعظی و همکاران (سال ۱۳۹۲) در مطالعه‌ای نشان دادند که فیلتر شنی به‌تنهایی تأثیر زیادی در جذب یون‌های آب‌شور مثل (کلر، سدیم، کلسیم و منیزیم) ندارد، فیلتر دارای پوسته گندم باعث کاهش ۳۰٪ کلر، ۱۴٪ کلسیم، ۲۲٪ منیزیم و ۵/۵٪ سدیم شد ولی درصد کاهش کدورت در فیلتر خاکاره ۶۰/۷۸٪، در فیلتر شنی بدون افزودنی، ۶۷٪ و تیمار فیلتر شنی با پوسته گندم ۷۴٪ بود.



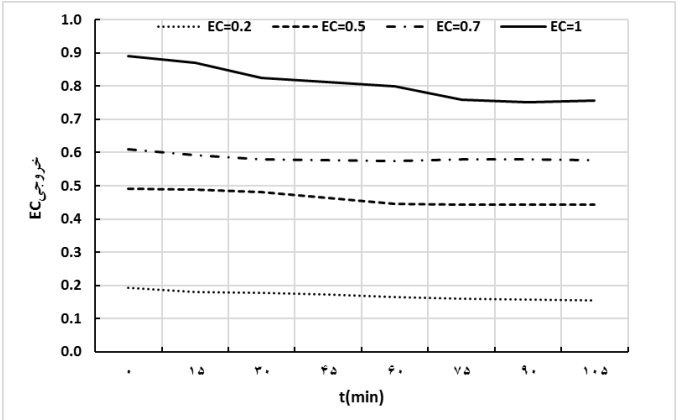
شکل ۲- درصد جذب کلسیم و منیزیم توسط جاذب پوسته برنج در زمان‌های مختلف



شکل ۳- درصد جذب سدیم توسط جاذب پوسته برنج در زمان‌های مختلف



شکل ٤- درصد جذب کلر توسط جاذب پوسته برنج در زمان‌های مختلف



شکل ٥- EC آب خروجی از جاذب پوسته برنج در زمان‌های مختلف

کاهش مقدار سدیم آب ورودی به جاذب در شکل ۳ تا دقیقه ۶۰ با شیب خیلی تندی صورت می‌پذیرد و پس از آن به مقدار تقریباً ثابت خود می‌رسد که با نتایج محققین دیگر از جمله رحمان نسب و همکاران (۱۳۹۶) و ابوالحسنی و همکاران (۱۴۰۰) همخوانی دارد.

شکل ۴ نشان می‌دهد که درصد جذب تا دقیقه ۳۰ با یک شیب تندی افزایش می‌یابد و پس از آن نیز جاذب مقدار زیادی را تصفیه می‌کند و پس از حدود ۱۰۰ دقیقه تقریباً به مقدار ثابت خود می‌رسد.

در شکل ۵، مقدار کاهش هدایت الکتریکی آب از حدود ۵ تا ۱۵ درصد را نشان می‌دهد و شیب ملایم منحنی تا دقیقه ۱۰۵ نیز ادامه دارد. ملاحظه شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان می‌دهد مقدار جذب

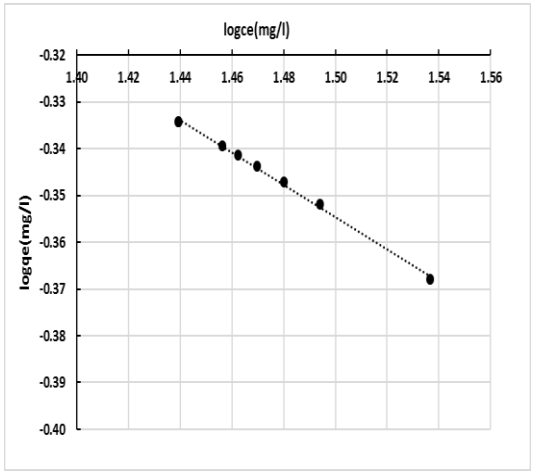
کاتیون‌های کلسیم و میزیم و کاتیون کلر توسط جاذب زیستی پوسته برنج بعد از ۹۰ دقیقه به مقدار ثابت خود می‌رسد و بعد از آن افزایش نمی‌یابد این نتیجه با نتایج محققانی مثل عبدلغنی و همکاران (Abdel-Ghani et al., 2007) و پور واعظی و همکاران (سال ۱۳۹۲) رحمان نسب و همکاران (۱۳۹۶) و ابوالحسنی و همکاران (۱۴۰۰) همخوانی دارد.

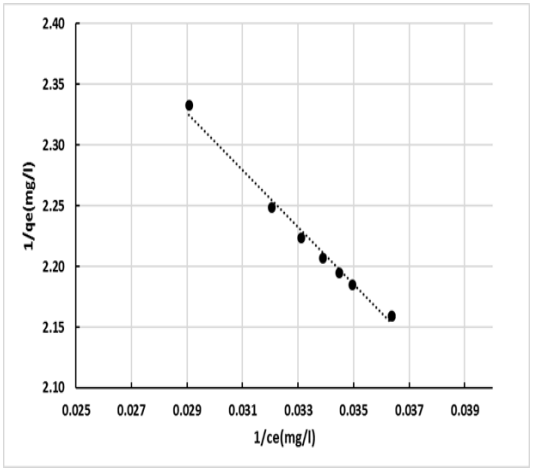
تعیین ضرایب مدل‌های جذب ایزوترم

به‌طوری‌که در معرفی مدل‌های ایزوترم جذب گفته شد ایزوترم-های جذب شامل معادلاتی هستند که در حالت تعادل به کار می‌روند. به‌طوری‌که از منحنی‌های شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ مشخص است مدت انجام آزمایش به‌اندازه کافی انجام گرفته است که مقدار جذب کاتیون‌ها و آنیون‌های آب به جاذب به حالت تعادل رسیده است لذا می‌توان از معادلات ایزوترم جذب که برای حالت تعادل بکار می‌روند استفاده کرد لذا معادلات فروندلیچ و لانگمویر بر داده‌های حاصل از آزمایش‌های جذب ایزوترم برازش داده شدند و ضرایب آن‌ها به دست آمد و ثابت‌های هر مدل و سه پارامتر کیفی کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر در جدول ۱ آورده شده است، همچنین شکل‌های ۶ تا ۸ رسم رابطه مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر برآورد از مدل‌های ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمویر را برای هر سه پارامتر کیفی نشان می‌دهد. با توجه به اینکه EC=0.7 از بین چهار غلظت شوری بیشترین جذب را توسط پوسته برنج دارد، لذا ضرایب مدل‌ها برای این مقدار شوری در جدول آورده شده است.

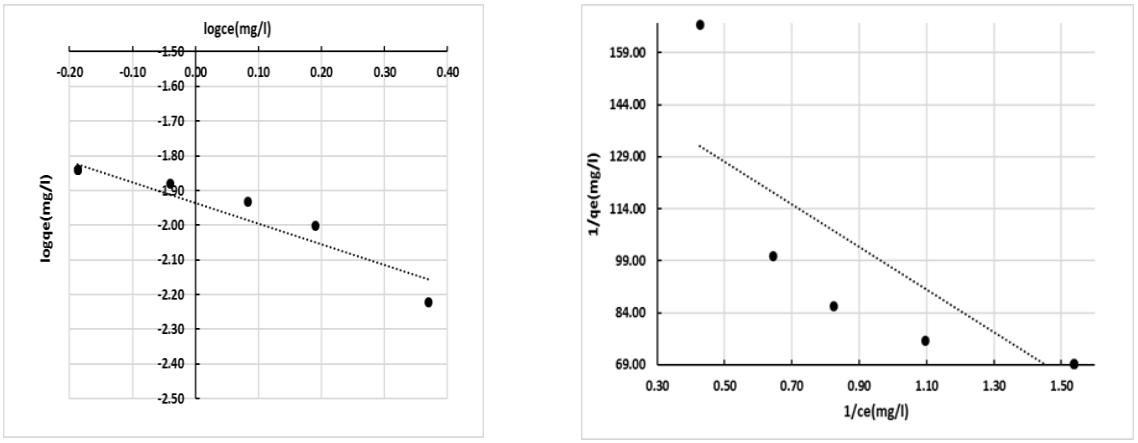
جدول ۱- ضرایب مدل‌های ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمویر در جذب کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر توسط جاذب پوسته برنج

پارامتر کیفی	مدل	معادله	b (mg/g)	a (l/mg)	n	k	RMSE	MAE	R^2
Ca+mg	فروندلیچ	$Log(q_e) = -0.34\log(C_e) + 0.16$	–	–	-۲/۹	۱/۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۹۹
	لانگمویر	$\frac{1}{q_e} = -2.35(\frac{1}{C_e}) + 3$	۰/۳۴	-۰/۱۳	–	–	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۹۹
Na	فروندلیچ	$Log(q_e) = -0.6log(C_e) - 1.9$	–	–	-۱/۷	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۹۱
	لانگمویر	$\frac{1}{q_e} = -61.5(\frac{1}{C_e}) + 158.4$	۰/۰۰۶	-۲/۷	–	–	۵/۸	۰/۰۹	۰/۷
Cl	فروندلیچ	$Log(q_e) = -1.1log(C_e) + 0.97$	–	–	-۰/۹	۹/۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۹۵
	لانگمویر	$\frac{1}{q_e} = -224.2\left(\frac{1}{C_e}\right) + 11.9$	۰/۰۸	-۰/۰۶	–	–	۰/۳	۰/۰۰۳	۰/۸۲

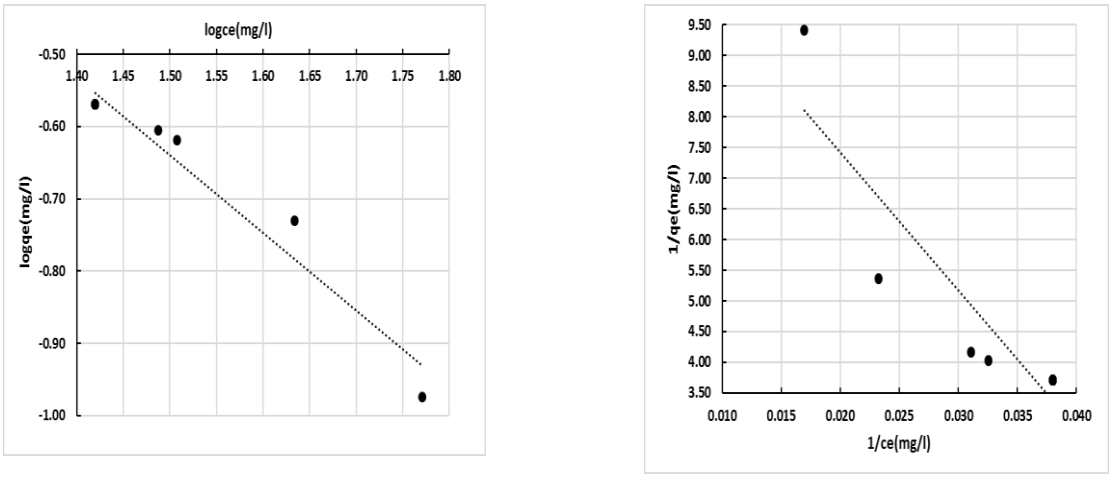




شکل ٦-رابطه مقادیر اندازه‌گیری شده جذب کلسیم و منیزیم توسط پوسته برنج و برآورد شده توسط مدل ایزوترم لانگمویر (سمت راست) و فروندلیچ (سمت چپ).



شکل ۷- رابطه مقادیر اندازه‌گیری شده جذب سدیم توسط پوسته برنج و برآورد شده توسط مدل ایزوترم لانگمویر (سمت راست) و فروندلیچ (سمت چپ)



شکل ۸-رابطه مقادیر اندازه‌گیری شده جذب کلر توسط پوسته برنج و برآورد شده توسط مدل ایزوترم لانگمویر (سمت راست) و فروندلیچ (سمت چپ)

مقادیر RMSE (خطای جذر میانگین مربع) و MAE (میانگین خطای مطلق) در مدل فروندلیچ کمتر از مدل لانگمویر برآورد شده است.

ضرایب مدل‌های فروندلیچ و لانکمویر برای پارامترهای کلسیم و منیزیم و سدیم و کلر تعیین گردید و معادله‌ای برای هر یک از آلاینده‌ها به دست آمد که می‌تواند ابزاری در دست جهت پیش‌بینی و برآورد مقدار جذب و تصفیه توسط جاذب را به دست دهد. ضرایب تبیین معادلات خوب است. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های ایزوترم جذب لانگمویر و فروندلیچ دارای همبستگی خوبی در هر سه پارامتر کیفی هستند این ضریب به غیر از سدیم که ۰/۷ است در بقیه آلاینده‌ها بین ۰/۹۱ تا ۰/۹۹ به دست آمد. نتایج مدل ایزوترم جذب نشان داد که مدل ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمویر، مدل مناسبی برای پیش‌بینی رفتار جذب توسط جاذب پوسته برنج هستند. ولی مدل ایزوترم جذب مدل فروندلیچ نسبت به مدل لانگمویر برآورد بهتری ارائه می‌دهد که با نتایج ابوالحسنی و همکاران (۱۴۰۰) و رحمان نسب و همکاران (۱۳۹۶) همخوانی دارد. در مدل فروندلیچ k_f عرض از مبدأ و $\frac{1}{n}$ شیب‌خط هستند. اگر $\frac{1}{n}$ بین صفر و یک باشد مطلوب و اگر بزرگ‌تر از یک باشد نامطلوب است (قاجاریه و همکاران ۱۳۹۶). لذا مقدار آن برای کلسیم و منیزیم مطلوب است و در مورد کلر در مرز و نامطلوب ارزیابی می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک مدل فیزیکی به شکل استوانه از جنس پلاکسی گلاس ساخته شد. لایه‌های فیلتر با دانه‌بندی و ضخامت معین در آن چیده شد و جاذب پوسته برنج در بین لایه‌های فیلتر قرار

گرفت. آب حاوی آلاینده‌های مختلف شیمیایی از ستون فیلتر و جاذب عبور داده شد و غلظت ورودی و خروجی آلاینده‌ی شیمیایی اندازه-گیری شد و با هم مورد مقایسه قرار گرفت و مقدار تصفیه توسط جاذب به دست آمد نتایج نشان داد. برای غلظت‌های مختلف، جذب در ابتدا بسیار بالاست و به مرور زمان کاهش پیدا می‌کند. زمان تعادل برای پارامترهای کیفی کلسیم و منیزیم، سدیم و کلر بین ۶۰ تا ۹۰ دقیقه به دست آمده است. توضیح اینکه زمان تعادل که بین ۱ تا یک و نیم ساعت به دست آمده است برای برخی کاتیون‌های دیر جذب مثل سدیم و کلر است و برای کاتیون‌های کلسیم و منیزیم به‌طوری-که دیده می‌شود حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد جذب در همان زمان‌های اولیه صورت می‌گیرد که این مدت از زمان ورود آب خام به ابتدای ستون فیلتر تا خروج آن از انتها و کف مخصوصاً در فیلترهای واقعی با ارتفاع ۱ تا ۳ متر و قطر ۱ تا ۲ متر تأمین می‌شود. این البته وقتی است که این فیلتر در سیستم کنترل مرکزی آبیاری قطره‌ای قرار بگیرد. حالت‌های دیگر هم این است که همان‌طوری‌که در شکل و روش تحقیق آمده است آب تحت تأثیر نیروی ثقل از این فیلتر عبور کرده و با توجه به زمان تماس لازم تصفیه شود و آب تصفیه‌شده در مخزن ذخیره شود و بعد آب تصفیه‌شده در مخزن مورداستفاده برای آبیاری قطره‌ای و یا هر مصرف دیگری قرار بگیرد. میزان شوری آب خروجی از جاذب موردمطالعه با گذشت زمان، برای همه غلظت‌های شوری کاهش یافت. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط درصد بالایی از کاتیون‌های کلسیم و منیزیم و سدیم آب (حدود ۵۰-۶۰ درصد) توسط پوسته برنج جذب شده‌اند. ازاین‌رو جاذب پوسته برنج می‌تواند به‌عنوان یک جاذب خوب برای جذب شوری در تصفیه آب به کار رود. همچنین در جهت ارزیابی مدل‌های ایزوترم جذب، ضرایب مدل‌های فروندلیچ و لانکمویر برای پارامترهای کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر تعیین گردید. معادله‌ای برای هر یک از آلاینده‌ها به دست آمد که می‌تواند ابزاری در دست جهت پیش‌بینی و برآورد مقدار جذب و تصفیه توسط جاذب را به دست دهد. ضرایب تبیین معادلات خیلی خوب به دست آمد این ضریب به غیر از سدیم که ۰/۷ است در بقیه آلاینده‌ها بین ۰/۹۱ تا ۰/۹۹ به دست آمد. نتایج مدل ایزوترم جذب نشان داد که مدل ایزوترم جذب فروندلیچ و لانکمویرمدل مناسبی برای پیش‌بینی رفتار جذب توسط جاذب پوسته برنج هستند. مدل ایزوترم جذب فروندلیچ نسبت به مدل لانگمویر برای دو کاتیون کلسیم و منیزیم برآورد بهتری ارائه می‌دهد. و برای کلر مدل لانکمویر برآورد بهتری دارد.

قدردانی

از کارشناس آزمایشگاه زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران جهت همکاری در انجام برخی آزمایش‌های تعیین کیفیت آب و یاری برای انجام این تحقیق تشکر می‌گردد.

منابع

ابوالحسنی، م.ه.، پیرستانی، ن. و طهماسبی، ف. ۱۴۰۰. بررسی کارایی جاذب آلی پوسته برنج در جذب آلودگی‌های نفتی از آب، مجله پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱۲ (۲۳): ۱۷۰-۱۶۱.

پور واعظی روکرد، ر.، قربانی ب.، نوری امامزاده ئی، م.ن. و میرزایی، س.م.ج. ۱۳۹۲. تأثیر پوسته گندم و خاک‌اره بر برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی آب‌های شور. مجله پژوهش آب ایران. ۷(۱۲): ۲۰۱ – ۱۹۳.

رحمانی نسب، م. ۱۳۹۶. بررسی پوسته برنج، زئولیت، کربن فعال و شن برای تصفیه آب آبیاری، پایان نامه ارشد رشته مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران.

رجا، ا.، میرزایی، ف. و شهریاری. ۱۴۰۰. بررسی ضخامت فیلتر شنی بر تصفیه آب در آبیاری قطره‌ای. مدیریت آب و آبیاری، ۱۱(۴):۸۶-۷۳.

شکریان، ف.، سلیمانی، ک.، نعمت زاده، ق.، و بی‌پروا، پ. ۱۳۹۶. امکان‌سنجی کاهش شوری آب توسط جاذب‌های زیستی پوسته برنج و صدف، فصلنامه علمی تخصصی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۷ (۲۳): ۱۰۶-۹۳.

عزیزی، ش. و میرزایی، ف. ۱۳۹۹. بررسی کارایی حذف مواد جامد معلق در آب و کدورت توسط فیلترهای شنی تند، هشتمین کنفرانس مدیریت منابع آب ۲۷ بهمن دانشگاه فردوسی مشهد.

Abdel-Ghani, N. T., Hefny, M. and El-Chaghaby, G. A. F. 2007. Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbent. Int. J. Environ. Sci. Tech. 4(1): 67- 73.

Ayawei, N., Ebelegi, A. and Wankasi, D. 2017. Modelling and Interpretation of Adsorption Isotherms. Journal of Chemistry, 2017, Article ID: 3039817. ttps://doi.org/10.1155/2017/3039817.

Babazad, Z., Kaveh, F., Ebadi, M., Mehrabian, R.Z. and Juibari, M.H. 2021. Removal of lead and arsenic using macromolecule-carbonized rice husks, DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06631.

Freundlich, H.M.F. 1906. Over the adsorption in solution, The Journal of Physical Chemistry. 57: 385–471.

Karam, D.S., Nagabovanalli, P., Rajoo, K.S., Ishak, C.F., Abdu, A., Rosli, Z., Muharam, F.M. and Zulperi, D. 2021. An overview on the preparation of rice husk biochar, factors affecting its properties,

evaluation of Freund Leach model. https://civilica.com/doc/1630814

Singh, P., Garg, S., Satpute, S. and Singh, A. 2017. Use of ricehuck ash to lower the sodium adsorbtion ratio of saline water, Dept. of soil and water engineering: 448-458.

Wong, K.K., Lee, C.K., Low, K.S. and Haron, M.J. 2003. Removal of Cu and Pb by Tartaric Acid Modified Rice Husk from Aqueous Solution. Chemosphere. 50: 23-28.

and its agriculture application. Journal of the Saudi society of agricultural scienses.

Langmuir, I. 1916. The constitution and fundamental properties of solids and liquids, Journal of the American Chemical Society. 38(11): 2221–2295.

Mirzaei, F. 2022. Evaluation of Pseudo-Second Order Kinetic model for activated carbon-sand filter in water treatment. https://civilica.com/doc/1630814

Mirzaei, F. 2022. Purification of suspended matter in water with sand-zeolite filter, activated carbon,

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 17, Dec.-Jan. 2023, p. 943-952

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۷، آذر - دی ۱۴۰۲، ص. ۹۵۲-۹۴۳

Evaluation of Freundlich and Langmuir Adsorption Isotherm Models for Rice Husk Adsorbent in Water Salinity Purification

F. mirzaei[1*] S. azizi[2]

Recived: Mar.21, 2023 Accepted: Aug.15, 2023

Abstract

Quality water resources are limited. The use of biological adsorbents in reducing water salinity is a new and environmentally friendly method. The purpose of this article is to determine the amount of salinity removal by the rice husk adsorbent and estimate the amount of absorption by Freundlich and Langmuir adsorption isotherm models and their evaluation. In this study, a tank (part of the physical model) with a height of approximately 50 cm and a diameter of 20 cm was used, and it was divided into two parts based on the height of the tank. In the center of the location of the absorber under study, a specific thickness of 8 cm was considered. On both sides of the absorbent layer, either upwards (reservoir surface) or downwards (reservoir bottom), layers of silica sand with 0.3, 0.6 and 1 cm granularity were placed in a height of 5 cm. Water quality treatments including calcium and magnesium, sodium and chlorine (salinity) at four salinity concentrations of 0.2, 0.5, 0.7 and 1 dS/m were passed through the rice husk adsorbent and the amount of cat ions and anions absorbed by the adsorbent It was measured. The results showed that for different concentrations, absorption is very high at the beginning and decreases over time. The equilibrium time for qualitative parameters of calcium and magnesium, sodium and chlorine obtained between 60 and 90 (at a water temperature of 25 degrees Celsius and an acidity of 7.4) minutes. The results showed that on average, a high percentage of calcium, magnesium and sodium cat ions in water (about 50-60%) have been absorbed by rice husk. The results of the adsorption isotherm model showed that the adsorption isotherm model of the Freundlich has a better estimate than the Langmuir model (10 to 15 percent).

Keywords: Bio absorbent, Langmuir adsorption isotherm, Solute reduction

1- Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural and Natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- MS.c Graduated, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural and Natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Correspondence Author Email: fmirzaei@ut.ac.ir)