



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

11250-NWWCE

## گیاه پالایی حذف نیترات از آب آشامیدنی

فرح سادات هالک<sup>۱</sup>، مجتبی بیگ زاده<sup>۲</sup>، محبوبه بنی فاطمی<sup>۳</sup>

۱- هیئت علمی - پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده انرژی، گروه محیط زیست

۲- هیئت علمی - پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده انرژی، گروه محیط زیست

۳- کارشناس - پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده انرژی، گروه محیط زیست

f-halek@merc.ac.ir

### خلاصه

در این تحقیق پس از بررسی مواد مختلف از جمله کیتوسان، سیولایت، بیو جاذب‌هایی از جمله کاه گندم، یونجه و سبوس برنج برای حذف نیترات با راندمان بالا انتخاب گردید. با این انتخاب ابتدا با عامل دار کردن کاه گندم با مواد شیمیایی مختلف با استفاده از ۱ گرم کاه به حذف ۶۵-۷۰ درصد نیترات رسیدیم. از آنجایی که اقتصادی بودن جاذب و زمان کمتر هم مدنظر بود، از کاه یونجه بدون عامل دار شدن هم استفاده شد. در این روش در مدت ۱۲ ساعت با ۱ گرم کاه یونجه در مدت ۱۲ ساعت به حذف، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ ppm نیترات رسیدیم. منحنی‌های ایزوترم جذب و واجدبش برای نتایج بدست آمده، استخراج شد که با توجه به جذب لانگمیر (R2 برابر ۰.۹۹۵) هر گرم کاه یونجه به‌طور متوسط ظرفیت حذف نیترات به میزان ۵۸/۷ میلی‌گرم را دارد. بر مبنای نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان اظهار کرد که روش جذب سطحی با استفاده از بیو جاذب کاه یونجه اصلاح نشده معمولی، یک روش کارآمد، اقتصادی و قابل اطمینان برای حذف نیترات از محلول‌های آبی می‌باشد. البته در این مراحل، فرآیند جذب با تأکید بر اثرات پارامترهای مختلفی چون زمان تماس، غلظت نیترات، مقدار جاذب بر راندمان ظرفیت جاذب مورد بررسی قرار گرفت.

**کلمات کلیدی:** جذب، حذف نیترات، بیو جاذب، کاه گندم، کاه یونجه

### ۱. مقدمه

جمعیت جهان در حال افزایش و منابع آب آشامیدنی رو به کاهش است، بنابراین جهان در آینده با مشکل کمبود آب مواجه خواهد شد. افزایش مصرف آب و کمبود ناشی از آن که بر اثر آلودگی‌ها تشدید می‌شود، سبب شده است تا تأمین آب بهداشتی به یکی از دغدغه‌های اساسی جهان تبدیل شود. حدود ۶۹٪ آب مصرفی جهان صرف کشاورزی و عموماً آبیاری می‌شود و ۲۳٪ آن به مصرف صنایع می‌رسد. در این بین، مصارف خانگی تنها ۸٪ را شامل می‌شود [۱]. در کشورهای توسعه یافته، بخش کشاورزی و صنایع بیشترین مصرف آب را داشته و نیز بالاترین نقش را در آلودگی آب‌ها دارند.

در واقع چالش بزرگی برای نیاز مبرم جمعیت جهان به آب پاکیزه و تصفیه شده وجود دارد.

بر اساس پیش بینی سازمان ملل تا سال ۲۰۲۵ میلادی، ۴۵ کشور (۳۲٪ جمعیت جهان) دچار کمبود آب آشامیدنی خواهند بود. لذا استفاده از فناوری‌های نو برای حل مشکلاتی که در اثر پیشرفت صنایع باعث آلودگی محیط می‌شود، ضروری است. در بیماری و سندرم مت هموگلوبینا وجود آهن ۳ ظرفیتی در هموگلوبین سبب می‌شود که قابلیت پیوند اکسیژن با آهن کاهش یافته و در نتیجه ظرفیت اکسیژن‌رسانی به بافت‌های بدن کاهش یابد. در بزرگسالان به دلیل اسیدی بودن pH معده، شرایط برای احیای میکروبی نیترات به نیتريت فراهم نمی‌شود [۲]. بر اساس استاندارد ملی، غلظت مجاز نیترات در آب آشامیدنی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است. در انسان‌ها افزایش غلظت NO<sub>3</sub><sup>-</sup> در آب آشامیدنی، به دو صورت موجب آسیب رساندن به سلامت آنها می‌شود: بیماری ممتوگلوبینما، مخصوصاً در نوزادان زیر شش ماه و ایجاد بیماری‌های سرطان‌زا حاصل از نیتروزآمین. برای جلوگیری از بوجود آمدن مشکلات جدی سلامتی ناشی از مصرف آب دارای غلظت بیش از اندازه نیترات، آژانس‌های مختلف حفاظت از محیط زیست، مانند US.EPA

بیشترین مقدار مجاز نترات در آب (MCL) را  $10 \text{ mg/L}$  تعیین کرده است. آب‌های آلوده به نترات، باید به‌طور مناسب تصفیه شود تا غلظت نترات در حد مجاز باشد [۳]. افزایش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی باعث تولید آلودگی‌های سمی مانند آنیون‌های غیر آلی، یون‌های فلزی و مواد شیمیایی آلی شده و کیفیت آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار داده است. مطالعات نشان می‌دهد که فقط ۳۰ تا ۴۰٪ کود هاد‌های از ته افزوده شده به خاک توسط گیاه جذب می‌شود و بقیه آن بصورت نترات به آب‌های زیر زمینی و سطحی راه می‌یابد. نترات، آنیونی است که در اثر واکنش‌های طبیعی سیکل نیتروژن را بوجود می‌آورد. حضور غلظت بالای  $\text{NO}_3^-$  در آب‌های آشامیدنی در دهه‌های اخیر، باعث بروز نگرانی‌های زیادی در سراسر جهان شده است [۴]. انواع فعالیت‌های انسانی مخصوصاً شدت استفاده از کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی، منجر به افزایش بیش از حد غلظت نترات در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است. نترات آمادگی زیادی برای نفوذ در خاک، از طریق شیرابه‌ها دارد. منابع متمرکز و غیر متمرکز آلودگی  $\text{NO}_3^-$  شامل فاضلاب‌های شهری و کشاورزی، دفع نامناسب فاضلاب‌های صنعتی و بهداشتی، نشت از سیستم فاضلاب، شیرابه‌های لندفیل‌ها و فضولات حیوانی می‌باشد [۵، ۱۶]. در این تحقیق در مرحله اول از سیپولایت و کیتوسان و در ادامه از زایدات گیاهی جهت حذف نترات از محیط‌های آبی استفاده شده است.

## ۲. روش‌های مختلف حذف نترات

روش‌های مختلفی جهت حذف نترات در آب وجود دارد که عبارتند از: فرایند‌های دیتریفیکاسیون شیمیایی، دیتریفیکاسیون بیولوژیکی، جذب سطحی، فرایند‌های غشایی نظیر اسمز معکوس یا نانو فیلتراسیون، الکترو دیالیز، تبادل یونی، روش‌های الکتروشیمیایی و بیوجاذب‌ها. کاربرد برخی از فرایند‌های مذکور جهت حذف نترات از آب دارای معایبی می‌باشد. به‌طور مثال فرایند اسمز معکوس و تبادل یونی بصورت انتخابی در حذف نترات عمل نمی‌کنند و نیاز به احیای مداوم محیط دارند. گرچه بعضی از این روش‌ها به‌طور موثری نترات را کاهش می‌دهد ولی گران و پرهزینه می‌باشد. در دهه اخیر استفاده از جاذب سلوزی ارزان برای از بین بردن نترات مانند خاک اره، پوست درختان، تفاله زیتون و در نهایت کاه مورد توجه قرار گرفته است. کارایی این مواد به ظرفیت آنها، نیروی بین‌جاذبه بین اتم‌ها و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آن‌ها بستگی دارد. از میان روش‌های مختلف فرایند جذب به علت سهولت اجرا، سادگی طراحی و ملاحظات اقتصادی و قابلیت بازیابی جاذب مناسب‌ترین روش شناخته شده است. از اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی مطالعات جذب با استفاده از اصلاح شیمیایی بقای گیاهی تحول دیگری بوجود آورد، در این روش با افزایش ظرفیت جذب و کاهش زمان تعادل روبرو هستیم. این دو فرایند تغییر فرم شیمیایی در نترات ایجاد نمی‌کنند و در نهایت پساب نیز تولید می‌گردد [۶]. در این پژوهش از جاذب‌های مختلف استفاده گردید که مراحل انجام کار بدین شرح است:

### جاذب کیتوسان:

کیتین از فراوان‌ترین بیوپلیمرها بعد از سلولز می‌باشد. کیتین یک پلی‌ساکارید طبیعی است و به‌طور برجسته در پوسته سخت پوستانی مانند خرچنگ و میگو دیواره سلولی قارچ‌ها یافت می‌شود. [۷]. کیتین و کیتوسان به‌عنوان یک آمینو پلی‌ساکارید طبیعی که دارای ساختمانی خاص و چند منظوره است، به‌طور وسیعی در پزشکی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. از خصوصیات بارز آن سازگاری زیستی بالا، زیست‌تخریب‌پذیری قابل قبول در کنار سمیت پایین، همچنین خواص آنتی‌باکتریال و ضد حساسیت آنها قابل اشاره است [۸]. خاک‌های رس نقش مهمی را در محیط‌زیست به‌عنوان رباینده طبیعی آلاینده‌ها از طریق تبادل یون یا جذب یا هر دو ایفا می‌نمایند. بنتونیت یک ماده معدنی طبیعی و مجموعه‌ای از کانی‌های مختلف است که مهم‌ترین فاز موجود در آن مونت‌موریلونیت است. [۹].

### جاذب سیپولایت (Sepiolite):

کانی سیپولایت از کانی‌های فراوان در مناطق خشک دنیاست. پراکندگی زمانی و جغرافیایی این کانی‌ها نشان می‌دهد که فراوانی کانی یاد شده در رسوبات جوان‌تر از کرتاسه پسین افزایش می‌یابد. همچنین بیشترین فراوانی حضور این کانی در عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۴۰ درجه در نیمکره‌های شمالی و جنوبی دیده می‌شود.

هر واحد ساختمانی این کانی از دو صفحه چهار وجهی (Tetrahedral) در اطراف و یک صفحه هشت وجهی (Octahedral) غنی از منیزیم در مرکز تشکیل شده است. جایگزینی هم‌شکل سیلیسیم بوسیله یون‌های آلومینیوم در لایه‌های چهار وجهی این کانی، با ایجاد بار منفی مکان‌های مناسبی

را برای جذب کاتیون ها به و جود می آورد. همچنین به دلیل ناپیوستگی صفحات سیلیکاتی بیرونی تعداد قابل توجهی گروه های عامل سیلانول Si در سطح این کانی دیده می شود [۱۰،۱۱]. به دلیل ویژگی های ساختاری، کانی سیولیت ویژگی های منحصر به فردی دارد که از آن میان می توان به تخلخل و سطح ویژه زیاد، جذب کنندگی قوی و ویژگی های رئولوژیکی خاص این کانی اشاره کرد. فرمول ساختمانی ایده ال این کانی که از کانی های سیلیکاتی تری اکتاهدرل و آبدار است، به صورت  $Mg_9Si_{12}O_{30}(OH)_4.8H_2O$  می باشد [۱۲].

### بیو جاذب ها:

در سال های اخیر، کاربرد محصولات جانبی و زایدات کشاورزی مانند پوست درختان، خاک اره، پوست های بادام زمینی، پسته کوهی، سبوس برنج و گندم، چوب های ذرت بدلیل دارا بودن ترکیبات سلولزی و کربن در ساختمان شیمیایی خود به منظور جذب نیترات از آب بسیار کارآمد و مقرون به صرفه معرفی شده است [۱۳]. از اواخر دهه ۹۰ میلادی مطالعات جذب با استفاده از بقایای گیاهی شاهد تحول دیگری شد، به طوری که به جای استفاده از روش فعال سازی فیزیکی (کربن فعال)، از فعال سازی شیمیایی یا اصلاح شیمیایی آن استفاده گردید. در این روش، ضمن افزایش ظرفیت جذب و کاهش زمان تعادل، هزینه های فعال سازی به مراتب کمتر از روش فعال سازی فیزیکی است [۱۴].

رزین AR-AE (Agricultural Residues- Anion exchange) برای حذف بسیاری از آنیون ها در محیط های آبی از جمله نیترات، فسفات، نیتريت، فلوئور، برم و سولفات کاربرد دارد [۶]. تعویض کننده های یونی تهیه شده از زائدات کشاورزی (AR) بعلاوه در دسترس بودن، ارزانی و تجدید پذیری مدتی است مورد توجه قرار گرفته اند [۱۵، ۱۷].

### ۳. مطالعات ایزوترم جذب

ایزوترم جذب یکی از فاکتورهای مهم در طراحی سیستم های جذب می باشد. در واقع ایزوترم جذب چگونگی فعل و انفعال بین جاذب و جسم جذب شونده را تشریح می کند. لذا ایزوترم جذب همواره به عنوان یک فاکتور اساسی جهت تعیین ظرفیت یک جاذب و بهینه نمودن مصرف جاذب مد نظر می باشد. چندین مدل ایزوترمی در دسترس است که عمومی ترین آنها مدل جذب تک لایه ای است که توسط لانگمیر در سال ۱۹۱۸ پیشنهاد گردید. از سایر مدل ها می توان به مدل جذب چند لایه ای جذب اشاره کرد که در سال ۱۹۰۶ توسط فروندلیچ بیان گردید. در ایزوترم لانگمیر فرض بر این است که جذب در سایت های همگن بر روی جاذب اتفاق می افتد و در واقع به طور موفقیت آمیزی برای توصیف جذب تک لایه ای بکار می رود، در مقابل ایزوترم فروندلیچ برای تشریح سیستم های ناهمگون کاربرد دارد. مدل جذب لانگمیر بصورت معادله زیر بیان می شود:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{C_e}{Q_L} + \frac{1}{Q_L K_L} \quad (1)$$

که  $C_e$  عبارتست از غلظت یون فلز در محلول در شرایط تعادل برحسب میلی مول در لیتر،  $Q_e$  عبارتست از غلظت یون مورد نظر بر روی جاذب در شرایط تعادل بر حسب میلی مول بر گرم،  $Q_L$  عبارتست از ظرفیت جذب تک لایه ای جاذب بر حسب میلی مول بر گرم و  $K_L$  عبارتست از ثابت جذب لانگمیر بر حسب میلی مول بر لیتر است [۳].

### ۴. بخش تجربی

#### تهیه محلول استاندارد:

برای اندازه گیری مقدار نیترات، ابتدا یک محلول مادر با استفاده از نیترات پتاسیم تهیه شد (۱۰۰۰ ppm) سپس از این محلول، استاندارد های ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ ppm تهیه گردید و پس از اندازه گیری با دستگاه آیون کروماتوگراف منحنی کالیبراسیون رسم شد. با توجه به آخرین مطالعات و کار های تحقیقاتی انجام شده پیشین که از کیتوسان، سیولایت برای حذف نیترات استفاده شده بود، ابتدا کیتوسان و سیولایت تجاری استفاده شد، که جواب مناسبی برای حذف نیترات بدست نیامد.

### کاه عامل دار شده:

در ادامه، جهت حذف نیترات و سپس کاه گندم و سبوس برنج که از نظر اقتصادی مقرون بصرفه است، انتخاب گردید. کاه گندم از مزارع محلی تهیه گردید، سپس توسط آب دی یونیزه به خوبی شسته شد و در آون به مدت ۳ ساعت در  $50^{\circ}\text{C}$  خشک گردیده و برای استفاده بعدی نگهداری شد. در ادامه تصمیم به عامل دار کردن کاه گرفته شد، هم از کاه آسیا شده، هم از کاه خرد شده بروش معمولی با سایز ۰.۵-۰.۲۵ استفاده شد. برای عامل دار کردن کاه مورد نظر، کاه خرد شده (اندازه حدود ۰.۵-۰.۲۵ سانتیمتر) پس از واکنش با اپی کلرو هیدرین ( $\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}_6$ ) و دی متیل آمین  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$  در حضور پیریدین  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$  و دی متیل فوراماید  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}$  آماده شد. برای تهیه نمونه ابتدا از نیترات در غلظت های بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکروگرم در لیتر استفاده شد. عمل همزنی نمونه ها توسط همزن مغناطیسی تا رسیدن به تعادل ادامه یافت، ولی متاسفانه با استفاده کاه عامل دار شده به جواب مورد نظر برای حذف نیترات نرسیدیم.

### استفاده از کاه گندم عامل دار نشده:

در این مرحله برای اقتصادی بودن روش انتخابی و جلوگیری از استفاده مواد شیمیایی، سعی کردیم تنها از کاه گندم خرد شده که قبلاً آماده کرده بودیم برای حذف نیترات استفاده کنیم. بدین منظور در چند ظرف مختلف، ۵۰ میلی لیتر محلول ۱۰۰ ppm نیترات استفاده شد. زمان هایی که در نظر گرفتیم از ۳ تا ۲۴ ساعت بود. در این روش در مدت زمان ۲۴ ساعت به حذف نیترات ۰.۸٪ رسیدیم.

### سبوس برنج:

در این مرحله از سبوس برنج استفاده شد. یک گرم سبوس برنج، حذف ۱۰۰٪ نیترات از محلول ۱۰۰ ppm (در مدت ۲۴ ساعت) نشان داد. بدنبال استفاده از جاذبی که قدرت جذب بیشتری داشته و اقتصادی باشد، استفاده از کاه یونجه را در برنامه قرار دادیم، که نتایج آن در ادامه آورده شده است (جداول ۱-۲).

جدول ۱- راندمان حذف نیترات در غلظت های مختلف در مدت ۱۲ ساعت

مرحله	جاذب	۵۰ میلی لیتر	در صد حذف R%	ظرفیت جذب $q_e$
۱	۱ گرم کاه یونجه خرد شده	۱۰۰ ppm	۱۰۰٪	۵/میلی گرم
۲	۱ گرم کاه یونجه خرد شده	۲۰۰ ppm	۱۰۰٪	۱۰/میلی گرم
۳	۱ گرم کاه یونجه خرد شده	۳۰۰ ppm	۱۰۰٪	۱۵/میلی گرم
۴	۱ گرم کاه یونجه خرد شده	۴۰۰ ppm	۱۰۰٪	۲۰/میلی گرم

جدول ۲- راندمان حذف نیترات در غلظت های مختلف در مدت ۱۲ ساعت

مرحله	جاذب	۵۰ میلی لیتر	مقدار نیترات	در صد حذف
۱	۳/۰ گرم کاه یونجه خرد شده	۱۰۰ ppm	۵ mg	۱۰۰٪
۲	۳/۰ گرم کاه یونجه خرد شده	۲۰۰ ppm	۱۰ mg	۱۰۰٪
۳	۳/۰ گرم کاه یونجه خرد شده	۳۰۰ ppm	۱۵ mg	۸۰٪
۴	۳/۰ گرم کاه یونجه خرد شده	۵۰۰ ppm	۲۵ mg	۶۲٪

\* لازم بذکر است که تمام آزمون ها ۳ بار تکرار شده است.

در خصوص اثر مقدار جاذب بر میزان جذب نیترات همانطور که انتظار میرفت با افزایش مقدار جاذب درصد جذب نیترات نیز زیاد شد. علت این افزایش به این دلیل است که با افزایش مقدار جاذب، تعداد سایت های فعال جاذب بر روی جاذب که می تواند در اختیار یون های نیترات قرار گیرد، افزایش می یابد. با این حال مقدار نیترات جذب شده در واحد جرم جاذب (بر حسب میلی گرم در گرم) یک روند کاهشی را نشان می دهد. این روند کاهشی در ظرفیت جذب با افزایش مقدار جاذب بخاطر تعداد زیاد سایت های غیر اشباع جاذب است. در واقع با افزایش مقدار جاذب تعداد زیادی از سایتهای جذبی که می تواند در عمل جذب شرکت نماید بدلیل محدود بودن تعداد یونهای نیترات بصورت آزاد باقی خواهد ماند [۱۸].

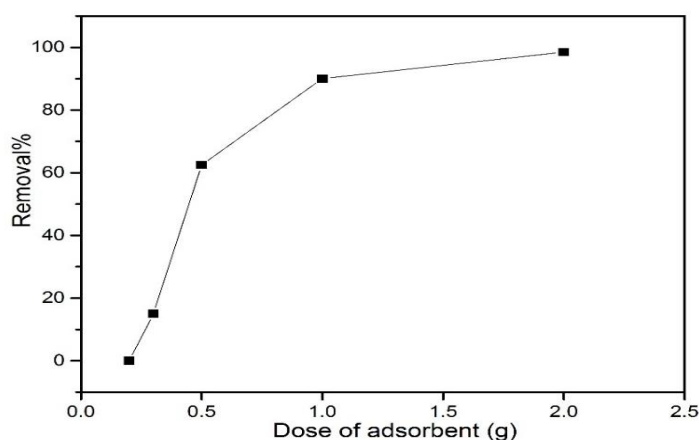
#### ۴. ظرفیت جذب

پارامترهای نظیر مقدار جاذب، غلظت اولیه یونهای نیترات و pH مورد بررسی واقع شد. بدین صورت که با ثابت نگه داشتن تمامی پارامترها و تغییر یکی از آنها، pH مناسب و مقدار مناسب جاذب بعد از رسیدن سیستم به تعادل، مشخص گردید.

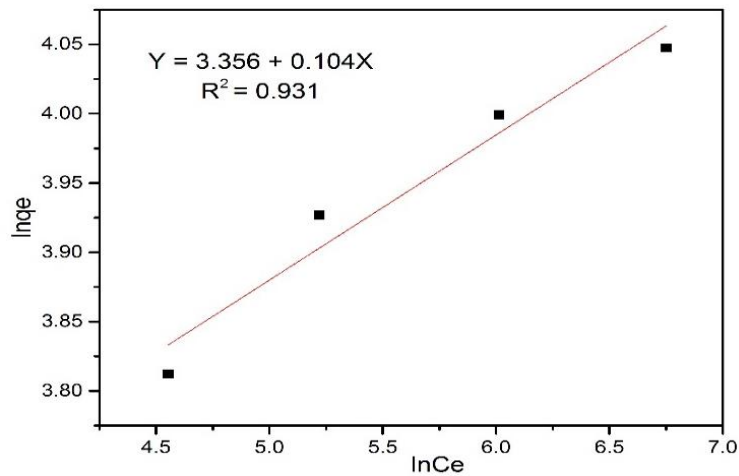
مدل همدمای لانگمیر که در بسیاری از فرآیندهای جذب بکار می رود پیشنهاد می کند که فرآیند جذب محدود به تشکیل یک تک لایه از جذب شونده بر روی شمار ثابتی از مکان های جذب در سطح انجام می گیرد، پس از آن جذب بیشتری صورت نمی گیرد. همه مکانهای جذب دارای انرژی برابر بوده و تمام مکانهای جذب با یکدیگر هم ارز هستند. مدل جذب لانگمیر در شکل خطی آن بصورت معادله زیر بیان می شود. بدین معنی اگر  $q_e$  بر حسب  $1/C_e$  رسم شود معادله زیر بدست می آید.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{(q_{\max} K_L) C_e} + \frac{1}{q_{\max}} \quad (2)$$

که  $q_e$  بر حسب  $(\text{mg/g})$  مقدار جذب شونده بر سطح به ازای هر گرم جاذب و  $(\text{mg/L})/C_e$  غلظت تعادلی جذب شونده (یون نیترات) در حالت تعادل است. در غلظت پایین موقعیت های جذب، سطح ویژه و مکان های جذب موجود بر سطح جاذب بیشتر بوده و لذا راندمان جذب بیشتر است. برای تعیین ظرفیت جاذب از محلول های حاوی  $2000-20000 \text{ ppm}$  نیترات استفاده شد. در خصوص اثر مقدار جاذب بر میزان جذب نیترات همانطور که انتظار میرفت با افزایش مقدار جاذب درصد جذب نیترات نیز زیاد شد (شکل ۱). علت این افزایش به این دلیل است که با افزایش مقدار جاذب، تعداد سایت های فعال جاذب بر روی جاذب که می تواند در اختیار یون های نیترات قرار گیرد، افزایش می یابد. با این حال مقدار نیترات جذب شده در واحد جرم جاذب (بر حسب میلی گرم در گرم) یک روند کاهشی را نشان می دهد. این روند کاهشی در ظرفیت جذب با افزایش مقدار جاذب بخاطر تعداد زیاد سایت های غیر اشباع جاذب است. در واقع با افزایش مقدار جاذب تعداد زیادی از سایتهای جذبی که می تواند در عمل جذب شرکت نماید بدلیل محدود بودن تعداد یونهای نیترات بصورت آزاد باقی خواهد ماند.



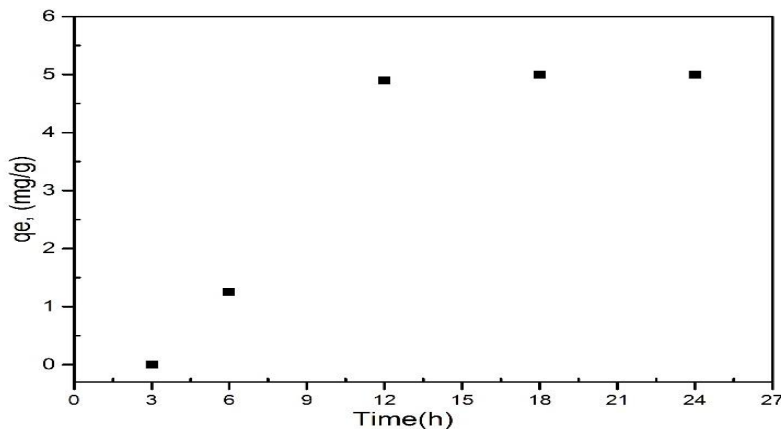
شکل ۱- تأثیر مقدار جاذب کاه یونجه بر میزان حذف یون نیترات



شکل ۲- ایزوترم جذب فرندلیچ برای جاذب طبیعی کاه یونجه

## ۵- زمان تماس

زمان تماس، یکی از پارامترهای مهم بررسی پدیده جذب در بکارگیری عملی یک جاذب می باشد. شکل ۳ تأثیر زمان تماس بر روی جذب یون نیترات بر روی جاذب کاه یونجه با غلظت اولیه  $100 \text{ mg/g}$  در  $\text{pH}=6$  و مقدار جاذب  $1 \text{ gr}$  تحت همزن با دور  $400 \text{ rpm}$ ، دمای محیط را نشان می دهد.



شکل ۳ - تأثیر زمان تماس برای حذف یون نیترات با استفاده جاذب کاه یونجه

## ۶. نتیجه گیری

- ۱- با استفاده از  $1 \text{ gr}$  کاه و واکنش با مواد شیمیایی اپی کلرو هیدرین، دی متیل آمین، پیریدین و دی متیل فورمامید آن را عامل دار کرده و در مدت  $1$  ساعت به حذف نیترات به مقدار  $75\%$  رسیدیم، برای  $2 \text{ gr}$  کاه در همین مدت به حذف نیترات  $80\%$  دست یافتیم.
- ۲- در مرحله دیگر از  $1 \text{ gr}$  کاه گندم بدون عامل دار کردن برای حذف نیترات استفاده شد که به حذف  $80\%$  نیترات از آب رسیدیم.
- ۳- بعلت مسئله اقتصادی و عدم استفاده از مواد شیمیایی در مرحله دیگر، بجای استفاده از کاه گندم، از  $1 \text{ gr}$  کاه یونجه ساده استفاده شد، که برای محلول های حاوی  $100, 200, 300, 400, 500 \text{ ppm}$  نیترات، خوشبختانه به نتیجه حذف نیترات  $100\%$  دست یافتیم.



## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



۴- در مرحله دیگر بجای ۱ گرم کاه یونجه از ۰/۳ گرم استفاده شد و محلول های حاوی ۱۰۰ ppm، ۱۰۰٪ حذف، ۲۰۰ ppm، ۱۰۰٪، و برای ۳۰۰ ppm، ۶۲٪ حذف نیترات نشان داده شد.

۵- مجدداً برای حذف غلظت های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ ppm نیترات، ۱ گرم کاه یونجه استفاده شد که خوشبختانه حذف ۱۰۰٪ نشان داده شد.

۶- متعاقباً با غلظت های ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ ppm نیترات ادامه داده شد و منحنی های ایزوترم جذب و واجذب برای نتایج بدست آمده، استخراج شد. با توجه به جذب لانگمیر ( $R^2$  برابر ۰.۹۹۵) به طور متوسط هر گرم کاه یونجه ظرفیت حذف نیترات به میزان ۵۸/۷ میلی گرم را دارد.

۷- مقادیر ضرایب ظرفیت جذب ( $q_e$ ) و ثابت لانگمیر ( $K_L$ ) توسط رگرسیون خطی بدست آمده است. ضریب تعیین ( $R^2$ ) برای جذب نیترات برابر ۰/۹۹ است که نشان دهنده تناسب خوب مدل تک لایه ای لانگمیر برای جذب نیترات توسط کاه یونجه می باشد. از طرفی میزان  $R_L$  که نشان دهنده برگشت ناپذیری نیترات است، برای این آزمون صدق می کند. میزان  $R_L$  برابر ۰/۰۰۲ (جدول ۵) یعنی بطرف صفر میل می کند.

## ۷. مراجع

- 1- Ozturk N., Bektas T. E. (2004) "Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials." Journal of Hazardous Materials 112, pp. 155-162.
- 2- Demiral H., Gunduzoglu G. (2010) "Removal of nitrate from aqueous solutions by activated carbon prepared from sugar beet bagasse". Bioresource Technology 101, pp. 1675-1680.
- 3- Maleki A., Eslami A. (2011) " Isotherm and kinetics of arsenic (V) adsorption from aqueous solution using modified wheat straw". Iranian Journal of Health and Environment 3, pp. 439-450.
4. Park. J.B.K, Craggs, R.J, Sukias, I.P.S, ( 2009) "Removal of nitrate and phosphorus from hydroponic wastewater using a hydbride denitrification filter", Bioresour. Technol. 100 , pp3175-3179.
5. Antonakos A., Lambrakis N., (2000) " Hydrodynamic characteristics and nitrate propagation in Sparta aquifer". Water Resources Research, 34(16), pp 3977-3986.
- 6- Ch., Adishesha, N. Prashanthi, P. Hari, Jyoti Mahale., (2015), Banana peel as a Biosorbent in Removal of Nitrate from Water, International of advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, No10, 94-98.
7. Dutta, P., K., Dutta, J., Tripathi, V.S. (2004) " Chitin and Chitosan: Chemistry, Properties and applications" Journal of Scientific & Industrial Research, 63(1) pp20-31.
8. Chatterjee S., Woo S. H. (2009) " The removal of nitrate from aqueous solutions by chitosan hydrogel beads." Journal of Hazardous Materials 164, pp. 1012-1018.
9. Azizi Sh., Jazayeri S. H., Peighambarzadeh S. M. (2008) "Study of activation parameters on active bentonite adsorption capacity". Iran Chemistry Engineering Journal 7, pp. 50-56.
10. Chatterjee S., Lee D. S., Lee M. W., Woo S. H. (2009) "Nitrate removal from aqueous solutions by cross-linked chitosan beads conditioned with sodium biosulfate". Journal of Hazardous Materials 166, pp. 508-513.

۱۱- حجتی س.، خادمی ح. (۱۳۹۲) " بررسی برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و کانی شناسی ذخایر سیولیت شمال خاور ایران". علوم زمین ۹۰، ایران، ۱۶۵-۱۷۴.





کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



- 12- Xu, X., Gao, B.Y; Yue, Q.Y; Zhong, Q.Q.,( 2010.)” *Preparation of agricultural by-Product based anion exchanger and its utilization for nitrate and phosphate removal, Bioresource Technology*”, 101, 8558-8564.
- 13- B. Bae, Y. Juang, W. Han, H. Shin, (2002),” *Improved brine recycling during nitrate removal using ion exchange*” *Water Research*, 36, 3330.
- 14- Xu, X., Gao, B., Yue, Tan, X., Zhang, X., Y. Qinyan,( 2013) “ *Nitrate adsorption by stratified wheat straw resin in lab-scale columns*” *Chemical Eng. Journal*, 226, 1-6.
- 15- U.S. Orlando, A.U. Baes, W. Nishijima,( 2002) “*Preparation of agricultural residue anion exchangers and its nitrate maximum adsorption capacity*” *Chemosphere* , 48, 1041-1046.
- 16- X. Xing, ., Gao, B.Y; ; Zhong, Q.Q; Yue, Q.Y, (2011), “*Sorption of nitrate onto amine-Crosslinked wheat straw: Characteristics, column sorption and desorption properties*”, *Journal. of Hazardous Materials*, 186, 206-211.
- 17- M Suneetha., K Ravindhranath., (2012), " *Removal of nitrates from polluted waters using Bio-Adsorbents*" , *International Journal of life Science Biotechnology and Pharm Research*, Vol, 1, No.3, 151-160.
- 18- Yuh Shan Ho , (2005), “ *Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials*”, *Journal of Hazardous materials*, Vol. 118, 253-254.