

ارزیابی عملکرد پودر دانه‌های مورینگا پرگرینا در تصفیه فاضلاب خانگی

حسین باژاد^۱ وحید یزدانی^۲ علیرضا رحمانی^۳ سهیل مهاجرانی^۴ احسان علیانی^۵

(دریافت ۸۸/۱۲/۹ پذیرش ۸۹/۹/۳)

چکیده

از آنجایی که در مناطق خشک و نیمه خشک دسترسی به منابع آب با کیفیت خوب با محدودیت همراه است، لذا بهره‌برداری از پساب فاضلاب برای آبیاری بسیار با اهمیت است. امروزه استفاده از مواد طبیعی در تصفیه آب و فاضلاب رو به افزایش است. یکی از این مواد دانه‌های گیاه مورینگا پرگرینا است. در این تحقیق عملکرد این ماده در مقایسه با آلوم و پلی‌آلومینیوم کلراید (پک) مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور نمونه فاضلاب از نهري که فاضلابهای خانگی به آن تخلیه می‌گردد برداشت شد و بدون هیچ پیش تصفیه مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های فاضلاب در موارد جداگانه در تماس با غلظتهای ۱۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر با افزایش ۱۰ میلی‌گرمی پودر دانه‌های مورینگا پرگرینا، آلوم و پلی‌آلومینیوم کلراید (۵ تا ۳۰ با افزایش ۵ میلی‌گرم در لیتر) در مراحل جداگانه قرار گرفت و نتایج مقایسه شد. در این آزمایش‌ها تغییرات غلظت نیترات، فسفات، کدورت TDS، هدایت الکتریکی و pH مورد بررسی قرار گرفت. عملیات اختلاط به صورت مکانیکی با دستگاه جارتست و با قابلیت انتخاب دوره‌های متغیر انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که استفاده از آلوم و پک باعث افزایش هدایت الکتریکی شده و در مواردی افزایش باقیمانده املاح را نیز در پی داشت. همچنین آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین درصد کاهش فسفات مربوط به مورینگا پرگرینا است، به طوری که ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر مورینگا پرگرینا قادر به کاهش ۸۰ درصدی فسفات است. غلظت ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر پرگرینا بالاترین درصد کاهش نیترات را در بین مواد مورد استفاده دارا بود، به طوری که در این غلظت، میزان نیترات برابر ۵۰ درصد بود. آزمایش‌ها نشان داد که استفاده از پودر دانه‌های مورینگا پرگرینا باعث کاهش زمان ته‌نشینی می‌گردد به طوری که زمان ته‌نشینی از ۳۰ دقیقه به ۱۰ دقیقه کاهش می‌یابد. نتایج حاکی از آبیگری ساده از لجن حاصله از تصفیه توسط پودر پرگرینا نسبت به لجن حاصله از تصفیه توسط آلوم و پک بود.

واژه‌های کلیدی: مورینگا پرگرینا، آلوم، پلی‌آلومینیوم کلراید، تصفیه آب، فاضلاب شهری

Evaluate Performance of *Moringa Peregrina* Powder Grains in Domestic Wastewater Treatment

Hossein Banejad¹ Vahid Yazdani² Alireza Rahmani³
Soheil Mohajrani⁴ Ehsan Oliati⁵

(Received Feb. 28, 2010 Accepted Nov. 24, 2010)

Abstract

Since the semi-arid and dry, access to good water quality is associated with restriction, so exploitation of sewage effluent for irrigation is very important. Nowadays, use of natural materials in water purification and sewage is increasing. One of these materials are seeds of *Moringa Peregrina* plant. In this research the performance of Alum and Poly Aluminum Chloride (PAC) were compared with *Moringa Peregrina* seeds powder in wastewater treatment. The samples of sewage were collected from fluvial that received domestic sewage and used without any pre-treatments. Sewage samples in separate stages were contacted with different concentrations of *Moringa Peregrina* seeds powder, Alum and Poly Aluminum Chlorides. In these experiments the concentration changes of nitrate, phosphate, turbidity, TDS, electrical conductivity and pH is studied. Results showed that the use of

1- Assoc. Prof. of Water Eng., College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan (Corresponding Author) (+98 0811) 8380662 Hossein_banejad@yahoo.com
2- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University, Mashhad
3- Assos. Prof. of Environmental Health Eng., Faculty of Public Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan
4- M.Sc. of Natural Resources office, Bushehr
5- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Bu-Ali Sina University, Hamedan

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان Hossein_banejad@yahoo.com (۰۸۱۱) ۸۳۸۰۶۶۲
۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان
۴- کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی استان بوشهر
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

Alum and PAC increased the electrical conductivity and sometimes increased the residual salts. Also the results showed that the highest removal efficiency of phosphate and nitrate are related to Moringa Peregrina, so that 120 mg/lit Moringa Peregrina able to reduce 80 percent of phosphate and 110 mg/lit of Peregrina, reduce 50 percent of nitrate. The results indicated that the use of Moringa Peregrina seeds powder reduced the sedimentation time from 30 to 10 minutes and dewatering of sludge produced was better than the others

Keywords: Moringa Peregrina, Alum, Poly Aluminum Chloride, Water Treatment, Urban Sewage.

شده است. همچنین برای منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید راندمان حذف کدورت برابر ۹۹ درصد در میزان تزریقی ۴۰ میلی گرم در لیتر کدورت اولیه ۱۰ NTU و ۴۰ NTU به دست آمده است. آنها همچنین بیان داشتند که تأثیر pH در حذف کدورت برای همه غلظتها یکسان است.

جدول ۱- استاندارد استفاده مجدد از پساب [۱]

پارامتر	واحد	تخلیه به آبهای سطحی	تخلیه به چاه جذب	مصارف آبیاری
pH	-	۸/۵-۶/۵	۹-۵	۸/۵-۶
فسفر	mg/L	۶	۶	-
نیترات	mg/L	۱۰	۱۰	۵
کلیفرم های گوآرشی	MPN/100ml	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
کلیفرم ها	MPN/100ml	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
کدورت	NTU	-	-	۵۰
کلسیم	mg/L	۷۵	-	-
منیزیم	mg/L	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰۱

یزدانی و همکاران در سال ۱۳۸۷ از پودر دانه های بارهنگ، دانه به و ترنجبین در فرایند تصفیه استفاده نمودند [۲]. آنها بیان داشتند که در غلظت بهینه مواد مذکور، مقدار حذف کدورت در کلیه موارد بیش از ۸۰ درصد است. همچنین بیشترین درصد کاهش سختی در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر ترنجبین به میزان ۹۸ درصد مشاهده گردید. استفاده از مواد بالا در تصفیه آب به طور متوسط کاهش ۳۰ درصدی EC و کاهش ۲۰ درصدی TDS را در پی خواهد داشت. محمدیگی و فراهانی در سال ۱۳۸۴ برای تصفیه آب از زیست پلیمرهای کیتوزان، نشاسته و سدیم آلژینات به عنوان کمک منعقدکننده برای کاهش کدورت استفاده کرده اند [۴]. آنها بیان داشتند که ضمن کارایی بهتر کیتوزان در کاهش کدورت نسبت به دو ماده دیگر، ذرات تجمع یافته توسط آن بزرگ تر و مستحکم تر از ذرات ناشی از کاربرد نشاسته و آلژینات است. در بین مواد طبیعی، توانایی پودر دانه های مورینگا پرگینا^۱ در تصفیه به اثبات رسیده است. لذا تحقیق حاضر بر ارزیابی توانایی پودر دانه های مورینگا پرگینا بنا نهاده شد. گز رخ یا گز روغن یا مورینگا نام

۱- مقدمه

از آنجایی که در مناطق خشک و نیمه خشک دسترسی به منابع آب با کیفیت خوب با محدودیت همراه است، لذا بهره برداری از پساب فاضلاب برای آبیاری بسیار حائز اهمیت است. هر چند پساب فاضلاب در مقایسه با حجم آب آبیاری مورد نیاز، مقدار کمی را شامل می شود ولی بهره برداری از همین مقدار، باعث می شود که آبهایی با کیفیت بالاتر در مصارف مهم تر به کار رود [۱]. در شرایط متعارف، pH آبهای طبیعی بین ۷ تا ۸/۵ است و در این نوع آبها، بی کربنات به صورت محلول در آب باقی می ماند. تغییرات شدید pH، مقدار کربن قابل دسترس را کاهش می دهد که این امر در اثر خارج شدن گاز کربنیک در محیط اسیدی و یا رسوب کردن کربنات در محیط قلیایی به وقوع می پیوندد. همچنین تغییرات شدید pH علاوه بر تأثیر در سیستم کربن آب، قابلیت انحلال دی اکسید کربن و ظرفیت هیدروسفر برای جذب آب را تغییر می دهد [۲].

به طور کلی در اکثر استانداردهای ارائه شده بعد از فرایند تصفیه ثانویه، گندزدایی فرایندی تکمیلی است که در این صورت کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری محصولات غذایی و پارکها توصیه شده است. واضح است که بالا بودن غلظت عناصری همچون نیتروژن و فسفر برای رشد گیاهان بسیار مفید و ضروری است. این مقدار در پساب مصرف شده برای نیتروژن به طور متوسط ۳ و برای فسفر ۴ میلی گرم در لیتر است که این مواد می توانند جایگزین کودهای شیمیایی شوند [۱]. برای استفاده مجدد از پساب، سازمان حفاظت محیط زیست استانداردهایی را ارائه نموده است که برخی از این استانداردها در جدول ۱ ذکر شده است.

مصطفی پور و همکاران در سال ۱۳۸۶ عملکرد منعقدکننده های سولفات آلومینیوم، کلراید فریک و پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت از آب آشامیدنی را مورد سنجش قرار دادند [۳]. نتایج حاصله نشان داد که برای منعقدکننده سولفات آلومینیوم افزایش میزان مصرفی تا ۴۰ میلی گرم در لیتر سبب کاهش کدورت می شود به نحوی که از کدورت های ۱۰ تا ۸۰ NTU تنها در کدورت های اولیه ۱۰ و ۴۰ NTU با میزان تزریقی ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر راندمان حذف کدورت ۹۹/۹ درصد بوده است. در حالی که برای منعقدکننده کلراید فریک بالاترین راندمان حذف ۹۶ درصد در میزان تزریقی ۲۰ میلی گرم در لیتر و کدورت اولیه ۱۰ NTU حاصل

¹ Moringa Peregrina

از نظر اقتصادی علاوه بر اینکه آب تبدیل شده به فاضلاب به خودی خود غیرقابل استفاده است، باعث آلودگی منبع آب سطحی و زیرزمینی نیز می‌شود [۱۱]. بنابراین آب به‌عنوان منبع حیاتی محدود با کمبود شدیدی که در جهان دارد در معرض تهدید قرار گرفته است. با توجه به مخاطرات بهداشتی و ملاحظات اقتصادی توجه به تولید، جمع‌آوری و بهسازی فاضلاب امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. در این تحقیق تلاش گردید تصفیه فاضلاب شهری با استفاده از پودر دانه‌های پرگرینا به‌نحوی صورت پذیرد که از لحاظ بهداشتی و شیمیایی مجاز به تخلیه به محیط زیست باشد.

۲- مواد و روشها

دانه‌های خشک شده مورینگا پرگرینا پس از حدود ۴ ماه از مرحله گلدهی به‌عنوان دانه‌های رسیده از منطقه جنوب استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شدند. دانه‌ها باید از نظر ظاهری کرم - خاکستری رنگ و عاری از هر نوع آلودگی و پوسیدگی باشند [۱۱]. برای اطمینان از خشک بودن دانه‌ها به‌منظور تهیه پودر، دانه‌های جمع‌آوری شده به‌مدت ۵ ساعت در آون با دمای ۳۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. دانه‌ها به‌صورت دستی پوست کنی و سپس با خردکن مولینکس به‌صورت پودر نرمی به اندازه تقریبی ۶۰۰ میکرومتر تبدیل شدند [۷]. به‌منظور ایجاد عصاره از مقادیر مختلف پودر دانه‌ها به‌تنهایی و همچنین در ترکیب با آلوم (زاج سفید) و پلی‌آلومینوم کلراید (پک) استفاده گردید. برای این کار ۱ گرم از پودر ایجاد شده در ۱ لیتر آب مقطر ۲ بار تقطیر شده، وارد و به‌مدت ۳ دقیقه به‌کمک همزن با ۱۲۰ دور در دقیقه مخلوط گردید. با عبور عصاره ایجاد شده از کاغذ فیلتر با قطر روزه ۰/۴۵ میکرومتر، محلول همگنی که فاقد ذرات معلق باشد به‌دست آمد که از آن به‌عنوان منعقدکننده استفاده شد [۱۱]. لازم است که محلول مذکور برای هر بار تصفیه به‌صورت تازه آماده شود و همچنین برای جلوگیری از تغییرات pH و گرانیوی، ترجیحاً محلول باید در جای خنک و سایه با حداکثر دمای ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شود. در زمان انجام آزمایش جار نمونه فاضلاب خام به‌صورت روزانه از رودخانه واقع در پشت دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا جمع‌آوری گردید. بر طبق آزمایش‌های اولیه انجام شده بر روی فاضلاب خام، فاضلاب مورد استفاده از لحاظ شدت آلودگی در دامنه فاضلابهای متوسط بود. برخی از خصوصیات اولیه فاضلاب در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲- برخی از خصوصیات فاضلاب مورد استفاده

پارامتر	EC (mmoh/cm)	TDS (mg/L)	pH	دما (NTU)	کدورت (NTU)	نیترات (mg/L)	فسفات (mg/L)
مقدار	۸	۵۲۰۰	۸/۳	۱۲	۴۵۰	۱۶۵	۲۵

گونه گیاهی از خانواده گز رخان است که تیره کوچکی از گیاهان جدا گلبرگ است و فقط شامل یک جنس به‌نام مورینگا مرکب از معدودی انواع درختی است [۵].

مورینگا درختی است خزان شونده از خانواده گزهای روغنی که بسیار سریع رشد می‌کند، این درخت با کم آبی تطبیق پیدا کرده است. غلافهایی به شکل چوب طبل، دانه‌ها را در بر گرفته‌اند. این درخت تا حدود دوازده متر قد کشیده و در سال اول رویش خود دانه تولید می‌کند [۶]. تحقیقاتی که توسط فولکارد^۱ و سوترلند^۲ در سال ۱۹۹۹ انجام شد نشان دهنده غلظت بهینه مورینگا برای تصفیه آب، بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. ضمن اینکه این غلظت بهینه به خصوصیات آب ورودی برای تصفیه بستگی دارد [۷].

در غلظت ۲۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در لیتر مورینگا و pH برابر ۷ تا ۸/۵، راندمان کاهش رنگ برابر ۵۶ تا ۶۷ درصد است. در حالی که راندمان حذف رنگ توسط کلریدسدیم و کلریدپتاسیم در این شرایط به‌ترتیب برابر ۵۳ و ۶۴ درصد است [۸].

لیو و همکاران^۳ در سال ۲۰۰۶ عملکرد آلوم را در مقابل دانه‌های مورینگا برای تصفیه آب سطحی در مقیاس آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار دادند [۹]. نتایج حاکی از آن بود که کاهش کدورت توسط دانه‌های مورینگا، آلوم و مخلوطی از هر دو بود که به‌ترتیب کدورت نهایی برابر ۴/۲، ۷/۲ NTU و ۳/۲ بود.

راندمان کاهش فسفات توسط آلوم، کلراید فریک و آهک از فاضلاب در بهترین حالت به‌ترتیب برابر ۶۷/۶، ۴۷ و ۷۷/۳ درصد است [۹]. انداینگنسر و همکاران^۴ در سال ۲۰۰۶ عملکرد آلوم و دانه‌های مورینگا را در کاهش کدورت آب مورد ارزیابی قرار دادند [۶]. آنها به این نتیجه رسیدند که مقدار ۶ میلی‌گرم در لیتر آلوم می‌تواند کدورت را از ۲۰۱ به ۹/۶ NTU کاهش دهد. در این حالت راندمان کاهش ۹۶/۵ درصد است و پتانسیل زتا از ۱۶- به ۵/۸+ میلی ولت افزایش می‌یابد. مقدار ۸۰ میلی‌گرم در لیتر پودر دانه مورینگا قادر است کدورت را از ۲۰۱ به ۱۳/۹ NTU کاهش دهد در این حالت راندمان کاهش ۹۳ درصد بوده و پتانسیل زتا از ۲۱- به ۲/۱- میلی ولت افزایش می‌یابد. بینا در سال ۱۳۸۶ از دانه‌های مورینگا برای حذف کدورت و اشرشیا کلی^۵ یا کلیفرم روده‌ای در آبهای بسیار کدر استفاده نمود [۱۰]. او بیان داشت که در حضور کائولین کاهش باکتری به میزان بیش از ۹۰ درصد به‌وسیله سوسپانسیون مورینگا در دو ساعت اول آزمایش صورت می‌گیرد و حداکثر حذف اشرشیا کلی ۹۹/۵ درصد است.

¹ Folkard
² Sutherland
³ Liew et al.
⁴ Ndabigengesere et al.
⁵ Escshershia Coli

پژوهش حاضر در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از دستگاه جارتست در سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه کیفیت آب و فاضلاب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد. نمونه فاضلاب در مراحل جداگانه در تماس با پودر گیاه، آوم، پک و ترکیب پودر آماده شده با سایر منعقد کننده ها قرار داده شد. با انجام عمل اختلاط، تماس بین ذراتی که ناپایدار شده اند افزایش یافت. به این ترتیب لخته های قابل ته نشینی یا قابل صاف شدن ایجاد گردید. ابتدا با اضافه کردن ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰ و ۱۲۰ میلی گرم در لیتر پودر پرگرینا در یک لیتر فاضلاب، اقدام به فرایند تصفیه گردید. لازم به ذکر است که غلظت آوم و پک بین ۵ تا ۳۰ میلی گرم در لیتر با تغییرات ۵ میلی گرم در لیتر متغیر بود.

عملیات اختلاط به صورت مکانیکی با دستگاه جارتست و با قابلیت انتخاب دوره های متغیر انجام شد. نمونه ها پس از آماده سازی در دستگاه جارتست تحت عمل اختلاط سریع با ۱۰۰ دور در دقیقه به مدت دو دقیقه و اختلاط آرام با سرعت های ۴۰، ۶۰ و ۲۰ دور در دقیقه به ترتیب به مدت ۸، ۸ و ۵ دقیقه و در انتها به مدت ۳۰ دقیقه به منظور ته نشینی در شرایط سکون قرار گرفتند [۱۲]. در پایان پارامترهای TDS، فسفر و نیترات در نمونه ها اندازه گیری شد و کارایی هر یک از منعقد کننده های ذکر شده در حذف پارامترهای مذکور با استفاده از آنالیزهای کوواریانس (نرم افزار SPSS) و رگرسیون تعیین شد و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم گردید. شایان ذکر است که روشهای اندازه گیری پارامترهای کیفی نیز بر اساس دستورالعمل های موجود در کتاب استاندارد متد بود [۱۳].

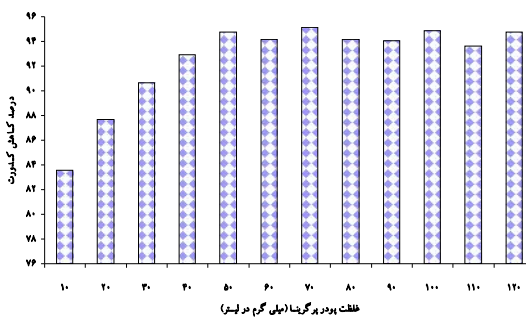
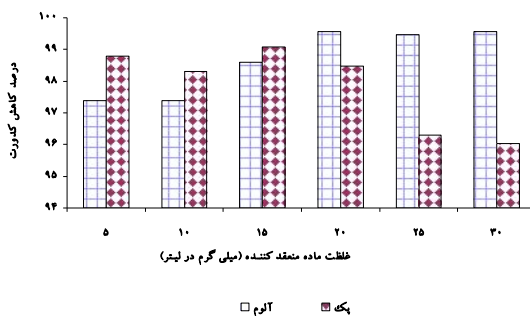
۳- نتایج و بحث

۳-۱- کاهش کدورت

راندمان حذف کدورت توسط پودر دانه های پرگرینا در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲ کدورت اولیه ۴۵۰ NTU بود. نتایج نشان می دهد که بیشترین راندمان کاهش کدورت توسط پرگرینا برابر ۹۵/۱۱ درصد است که در غلظت ۷۰ میلی گرم در لیتر پودر مورینگا پرگرینا حاصل گردید. شایان ذکر است که در غلظتهای بالای مورینگا پرگرینا تغییرات کاهش کدورت با افزایش مقدار پرگرینا ناچیز بوده و این تغییرات در سطح ۹۵ درصد معنی دار نیست. همان طور که مشاهده می گردد، در غلظتهای بالای پرگرینا به دلیل اینکه مقدار مازاد پودر در لخته سازی شرکت نمی کند لذا این مقدار مازاد باعث افزایش کدورت می گردد. بر این اساس به دست آوردن مقدار بهینه پرگرینا برای کسب بالاترین راندمان بسیار ضروری است. همان طور که قبلاً نیز بیان شد محلول حاصل

از کاغذ صافی عبور داده شد اما ذرات بسیار ریز که از صافی عبور کرده است ایجاد رنگ زرد نموده که این خود باعث افزایش کدورت می گردد.

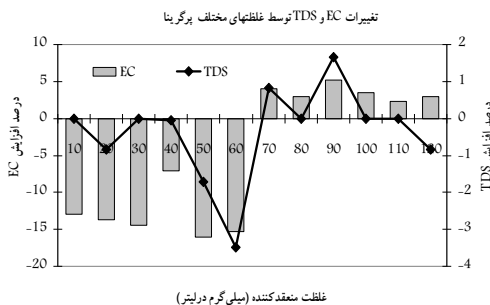
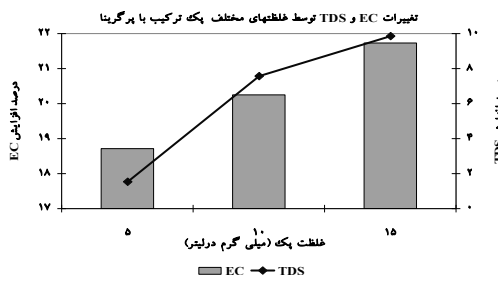
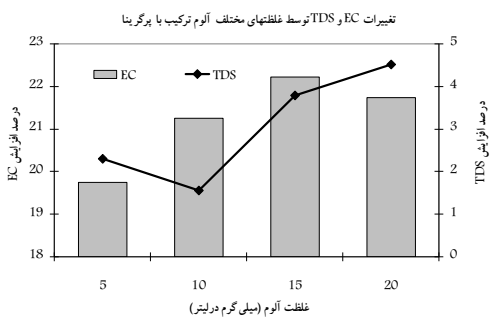
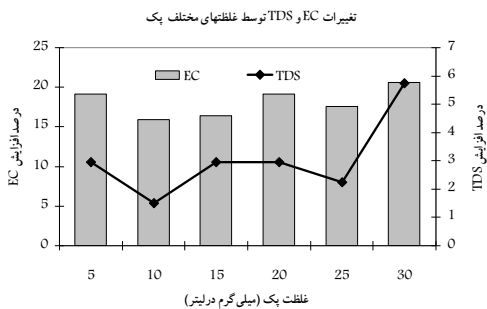
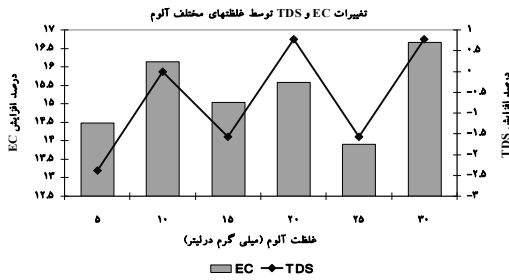
این نتایج همچنین نشان می دهد که غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر آوم بهترین عملکرد را در کاهش کدورت دارا است، به طوری که راندمان کاهش کدورت ۹۹/۵ درصد بود. در مقابل بیشترین راندمان کاهش کدورت در غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر پک مشاهده گردید. در این غلظت راندمان کاهش کدورت برابر ۹۹ درصد بود. باید متذکر شد که تغییرات درصد کاهش کدورت در غلظتهای بالاتر از این مقادیر در سطح ۹۵ درصد معنی دار نبود. شایان ذکر است که در بهترین غلظتهای منعقد کننده، کدورت نهایی در زمان استفاده از پرگرینا، آوم و پک به ترتیب برابر ۱، ۸ و ۲/۱ NTU بود. از دیگر نتایج به دست آمده حجم لجن تولیدی است. به طوری که میزان لجن حاصله از آوم و پک بسیار بیشتر از لجن حاصله از پودر پرگرینا بود. چنین نتیجه ای از سوی اندیگنکسر و ناراسیاه^۱ در سال ۱۹۹۷ نیز گزارش شده است [۱۴].



شکل ۱- درصد کاهش کدورت در غلظتهای متفاوت منعقد کننده ها

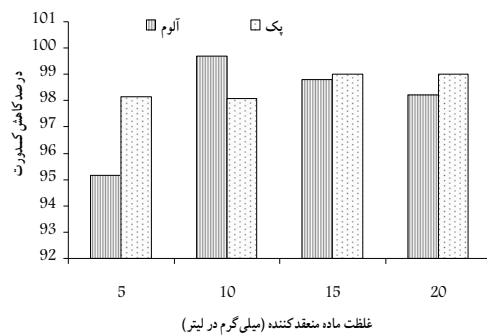
برای بررسی عملکرد ترکیب پودر پرگرینا با آوم و پک از ترکیب ۷۰ میلی گرم در لیتر پرگرینا با مقادیر مختلف آوم و پک استفاده شد. شکل ۲ بیانگر راندمان کاهش کدورت توسط ترکیب این مواد است. با توجه به شکل ترکیب ۱۰ میلی گرم در لیتر آوم با

¹ Narasah



شکل ۳- درصد افزایش در مقادیر EC و TDS

۷۰ میلی گرم در لیتر پرگرینا بهترین عملکرد را دارد. در مقابل ۱۵ میلی گرم در لیتر پک ترکیب با ۷۰ میلی گرم در لیتر پرگرینا نیز دارای عملکرد خوبی است. باید توجه داشت که غلظتهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی گرم در لیتر آلوم ترکیب با ۷۰ میلی گرم در لیتر پرگرینا دارای عملکرد تقریباً یکسانی هستند. افزایش عملکرد در صورت ترکیب این مواد با هم زیاد محسوس نبود. لیکن استفاده از ترکیب این مواد با هم در فرایند تصفیه باعث کاهش زمان ته نشینی به میزان ۲۰ دقیقه گردید به طوری که زمان ته نشینی از ۳۰ به ۱۰ دقیقه رسید. باید اشاره نمود که این کاهش در زمان ته نشینی اندازه گیری شد و مشخص گردید که این به دلیل ایجاد لخته های با دوام تر و وزین تر بود. ایجاد لخته های وزین و مستحکم از سوی مویبی^۱ و کوفو^۲ در سال ۱۹۹۵ نیز ذکر شده است [۱۵]. همان طور که در شکل ۳ نیز مشاهده می گردد با افزایش میزان آلوم از ۱۰ به ۱۵ میلی گرم در لیتر عملکرد کاهش می یابد. آزمایش ها نشان داد که این کاهش عملکرد ناشی از ایجاد تعداد زیادی لخته بود که به صورت جداگانه ایجاد شده بودند و قابلیت ته نشینی را نداشتند، لذا در حین مرحله ته نشینی دوباره به صورت محلول درآمدند. این شرایط گویای لزوم تعیین دقیق میزان ماده مورد استفاده است.

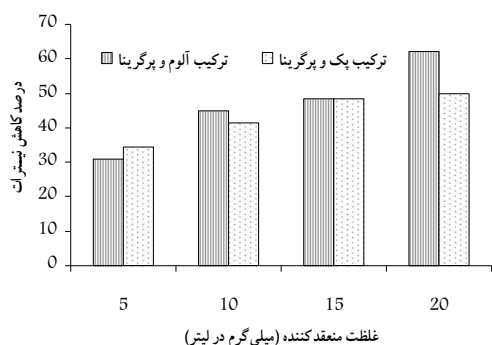
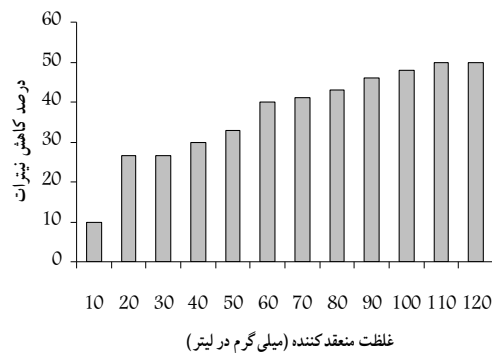
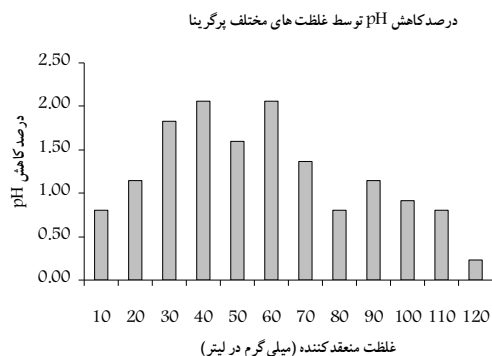


شکل ۲- درصد کاهش کدورت در حالت ترکیب متعقدکننده ها

۲-۳- تغییرات هدایت الکتریکی (EC) و باقیمانده املاح (TDS) همان طور که در شکل ۳ مشاهده می گردد استفاده از آلوم و پک باعث افزایش هدایت الکتریکی شده و در مواردی افزایش باقیمانده املاح را نیز در پی دارد. لازم به ذکر است که این افزایش با درصد کاهش کدورت نسبت مستقیم دارد. در این راستا غلظتهای کمتر از ۷۰ میلی گرم در لیتر پرگرینا باعث کاهش هدایت الکتریکی و با تأثیر کمتر باعث کاهش باقیمانده املاح شده و در غلظتهای بیشتر از ۷۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش ۴ تا ۵ درصدی در مقادیر EC و TDS می گردد. این خاصیت به دلیل این است که مقادیر

¹ Muyibi

² Okufu



شکل ۴- روند تغییرات در pH توسط مقادیر مختلف منعقدکننده‌ها

بیشترین زدایش در پرگرینا در غلظت ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر ارزیابی گردید، به طوری که در این غلظت درصد کاهش نیترات برابر ۵۰ بود. ترکیب پرگرینا با پک باعث بهبود عملکرد پک گردید در حالی که ترکیب پرگرینا با آلوم نتیجه‌ای عکس داشت. تحقیقات انداییگنسر و ناراسیاه در سال ۱۹۹۷ نیز بیانگر توانایی بالای پودر دانه مورینگا در کاهش نیترات بوده است [۱۴].

۳-۵- تغییرات فسفات

شکل ۶ عملکرد بهتر آلوم نسبت به پک در کاهش فسفات را نشان می‌دهد. پودر مورینگا پرگرینا نیز عملکرد بهتری در کاهش فسفات نسبت به آلوم و پک داشت. لازم به ذکر است که روند کاهش

بیشتر از ۷۰ میلی‌گرم در لیتر پودر پرگرینا به طور کامل ته‌نشین نمی‌شوند و به صورت معلق باقی می‌مانند.

باید توجه داشت که اضافه کردن پودر پرگرینا به آلوم و یا پک باعث تشدید اثر منفی این مواد در افزایش EC شده ضمن اینکه ترکیب این مواد با هم افزایش کمی در مقدار TDS را در پی داشته است. به طوری که بالاترین افزایش EC در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آلوم در ترکیب با ۷۰ میلی‌گرم در لیتر پرگرینا مشاهده گردید که برابر ۲۲/۲۳ درصد افزایش در EC است.

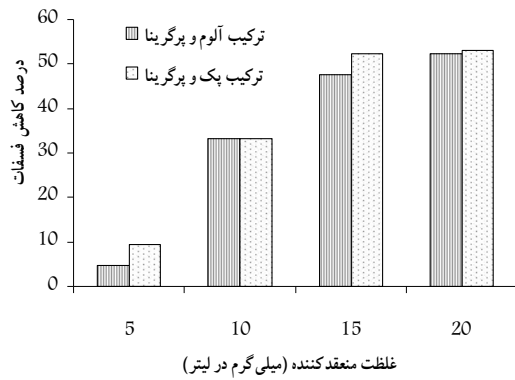
۳-۳- تغییرات pH

با توجه به مباحث ذکر شده اندازه‌گیری تأثیر فرایند تصفیه بر اسیدیته آب امری ضروری است. لذا برای ارائه تصویری روشن از تغییرات pH، روند تغییرات pH در غلظت‌های مختلف منعقدکننده‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس این شکل با افزایش مقادیر پک و آلوم درصد کاهش pH نیز افزایش پیدا می‌کند. لازم به ذکر است که این کاهش در pH باعث اسیدی شدن نمونه فاضلاب می‌گردد لذا در اکثر تصفیه‌خانه‌ها برای جلوگیری از این امر به نمونه فاضلاب، آب آهک اضافه می‌شود تا کاهش pH را جبران نماید. در این صورت آبیگری از لجن حاصله بسیار مشکل و زمان بر خواهد بود، لذا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. از دیگر نتایج به دست آمده می‌توان به این اشاره نمود که با افزایش مقادیر مورینگا پرگرینا درصد کاهش pH ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا نمود. کاهش pH توسط پودر مورینگا پرگرینا نیز توسط مویببی و کوفتا در سال ۱۹۹۵ و هیتندرا بهوپتووات و همکاران^۱ در سال ۲۰۰۶ گزارش شده است [۱۵ و ۱۶]. از دیگر نتایج به دست آمده می‌توان به تعدیل اثر کاهندگی pH در اثر ترکیب پرگرینا با پک و آلوم اشاره نمود. به طوری که ترکیب پرگرینا با پک و آلوم باعث افزایش در pH گردید.

۳-۴- تغییرات نیترات

درصد کاهش نیترات توسط منعقدکننده‌ها در شکل ۵ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، بیشترین کاهش نیترات در بین غلظت‌های مختلف آلوم در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. ضمن اینکه با افزایش مقدار آلوم، درصد کاهش ابتدا افزایش و سپس کاهش داشته است. لازم به ذکر است که در غلظت‌های بالای آلوم اثر مداخله‌ای آلومینیوم باعث کاهش راندمان حذف نیترات می‌گردد. چنین نتیجه‌ای از سوی انداییگنسر و سوبا ناراسیاه در سال ۱۹۹۷ نیز بیان شده است [۱۴].

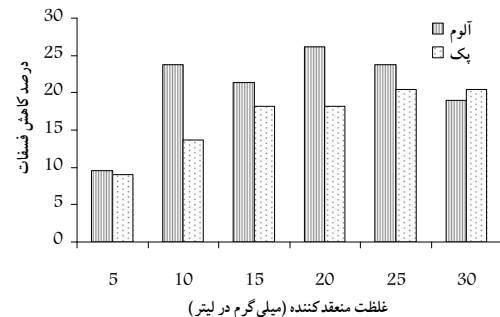
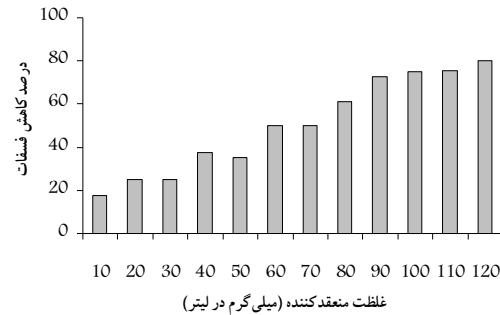
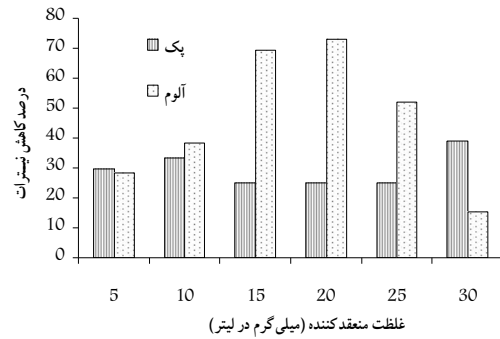
^۱ Hitendra Bhuptawat et al.



شکل ۶- روند تغییرات در فسفات توسط مقادیر مختلف منعقدکنندهها

فسفات بوده‌اند. بررسی‌ها نشان داد که تفاوت در راندمان کاهش فسفات بین مواد معدنی (آلوم و پک) و پودر پرگرینا در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. باید توجه داشت که افزایش پرگرینا به آلوم و پک باعث بهبود عملکرد آنها شده به طوری که باعث افزایش ۴۰ درصدی در راندمان کاهش فسفات می‌گردد. برای ارائه تصویر روشن از کیفیت پساب تصفیه شده مقدار فراسنج‌های اندازه‌گیری شده پس از تصفیه در جدول ۳ ذکر شده است. لازم به ذکر است که این مقادیر در بهترین حالت و همچنین در بالاترین راندمان به دست آمدند.

در بررسی انطباق کیفیت پساب تصفیه شده با استانداردهای حفاظت محیط‌زیست می‌توان نتیجه گرفت که پساب تصفیه شده توسط آلوم از نظر فراسنج‌های کلیفرم گوآرشی و کلیه کلیفرم‌ها بیش از استاندارد استفاده در کشاورزی و یا تخلیه به چاه جذب و همچنین رهاسازی در آبهای سطحی است. پارامترهای اندازه‌گیری شده در فاضلاب تصفیه شده توسط سایر تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق کمتر از حد استاندارد بوده و از این لحاظ مشکلی در استفاده از آن در مصارف سه گانه بالا نیست. البته باید متذکر شد که به دلیل بالا بودن EC فاضلاب تصفیه شده، نمی‌توان از آن برای آبیاری بارانی به علت سوختگی برگها استفاده نمود.



شکل ۵- روند تغییرات در نیترات

فسفات نسبت به مقادیر مختلف پرگرینا خطی بوده و با افزایش میزان پرگرینا افزایش می‌یابد. آزمایش‌ها نشان داد که در بهترین حالت به ترتیب پرگرینا، آلوم و پک قادر به کاهش ۸۰ (۲۰ میلی‌گرم)، ۲۶ (۲۰ میلی‌گرم) و ۲۰/۵ (۳۰ میلی‌گرم) درصد

جدول ۳- برخی از خصوصیات فاضلاب تصفیه شده

پارامتر	پرگرینا	آلوم	پک	آلوم + پرگرینا	پک + پرگرینا
pH	۸/۶۴	۸/۰۳	۸/۱۸	۸/۵	۸/۴۵
فسفر (mg/L)	۰/۰۱۳	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۰۱۴
نیترات (mg/L)	۰/۵۲	۰/۸۹	۰/۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵
کلیفرم‌های گوآرشی (MPN/100ml)	۱۶۰	۹۰۰	۲۰۰	۶۰	۲۰
کلیه کلیفرم‌ها (MPN/100ml)	۶۰۰	۱۵۰۰	۵۸۰	۱۶۰	۳۰۰
کدورت (NTU)	۱۴	۱	۲	۳/۳	۳/۴
کلسیم (mg/L)	۰/۱۲	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۲۴
منیزیم (mg/L)	۰/۵	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۶۲

۴- نتیجه‌گیری

عملکرد گردید به طوری که این افزایش در ترکیب با آلوم مشهودتر بود. غلظت‌های کمتر از ۷۰ میلی‌گرم در لیتر پرگرینا باعث کاهش هدایت الکتریکی و با تأثیر کمتر باعث کاهش باقیمانده املاح شده و در غلظت‌های بیشتر از ۷۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش ۴ تا ۵ درصدی در مقدارهای TDS و EC می‌گردد. آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین درصد کاهش فسفات مربوط به پرگرینا است به طوری که ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرگرینا قادر به کاهش ۸۰ درصدی فسفات است. غلظت ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر پرگرینا بالاترین درصد کاهش نیترات را در بین مواد مورد استفاده دارا بود به طوری که در این غلظت درصد کاهش نیترات برابر ۵۰ درصد بود.

در این تحقیق امکان استفاده از پودر دانه‌های مورینگا پرگرینا در تصفیه فاضلاب بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد استفاده از دانه‌های مورینگا پرگرینا باعث کاهش زمان ته‌نشینی می‌گردد، به طوری که زمان ته‌نشینی از ۳۰ دقیقه به ۱۰ دقیقه کاهش می‌یابد. علاوه بر این، آبیگری از لجن حاصله از تصفیه توسط پودر مورینگا پرگرینا نسبت به لجن حاصله از تصفیه توسط آلوم و پیک آسان‌تر است. پودر مورینگا پرگرینا در غلظت ۷۰ میلی‌گرم در لیتر قادر به کاهش ۹۵/۱ درصدی کدورت است در حالی که بیشترین کاهش کدورت در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر آلوم مشاهده گردید که برابر ۹۹/۵ درصد بود. ترکیب پودر پرگرینا با آلوم و پیک باعث افزایش

۵- مراجع

- 1- Working Group of the National Committee on Irrigation and Drainage. (1991). *Treated wastewater use in agriculture*, Tehran. (In Persian)
- 2- Yazdani, V., Banejad, H., Gholizadeh, M., and Rahmani, A.R. (2009). "A physical- chemical initiative in water." 3th *Regional Symposium on Research in Agriculture and Natural Resources*, Kurdistan. (In Persian)
- 3- Kord Mostafapoor, F., Bazrafshan, E., and Kamani, H. (2003). "Effectiveness of three coagulants of polyaluminium chloride, Aluminum sulfate and ferric chloride in turbidity removal from drinking water." *J. of Zahedan University of Medical Sciences*, 10 (2), 78-95. (In Persian)
- 4- Mohammad Beigi, Kh., and Vasheghani, E. (2005). "Comparson of different biopolymers performance in water Heatment." *Iranian J. Polymer Science and Tech.*, 5, 285-290. (In Persian)
- 5- Mozaffarian, V. (2002). *Culture of plants in Iran*, Farhange Moaser Pub., Tehran. (In Persian)
- 6- Ndabigengesere, S.C., Katayon, S., Megat Mohd Noor, M.J., and Abdullah, A.G.L. (2006). "The effectiveness of *moringa oleifera* as primary coagulant in high-rate settling pilot scale water treatment plant." *International J. of Engineering and Technology*, 3 (2), 191-200.
- 7- Folkard, G.K., Sutherland, J.P., and Shaw, R. (1999). "Water Clarification using *Moringa oleifera* seed *Moringa oleifera*." *Indian Council of Forestry Research and Education*, Dehra Dun, India. 10 pp.
- 8- Krishna Prasad, R. (2008). "Color removal from distillery spent wash through coagulation using *Moringa oleifera* seeds: Use of optimum response surface methodology." *J. of Hazardous Materials*, 165 (1-3), 1-8.
- 9- Liew, A.G., Noor, M.M., Muyibi, S.A., Fugara, A.M.S., Muhammed, T.A., and Lyuke, S.E. (2006). "Surface water clarification using *Moringa Oleifera* seeds." *International J. of Environmental Studies*, 63 (2), 211-219.
- 10- Bina, B. (2008). "The use of *Olifra* plan for turbidity and *E.Coli* removal in turbid water." *J. of Water and Wastewater*, 61, 11-17. (In Persian)
- 11- Yazdani, V. (2009). "Evaluting of performance of powdered seeds of some species of *Moringa* tree (family *Moringaceae*) in comparison with alum and poly aluminium chloride (PAC) in urban wastewater treatment." M.Sc. Thesis of Irrigation and Drainage, Bu-Ali Sina University, Hamedan. (In Persian)
- 12- Kawamura, S. (1991). "Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment." *J. Am. Wat. Wks. Ass.*, 83, 88-91.
- 13- Glesceria, L.A.E., and Eaton, A.D. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 14th Ed., APHA, WEF, USA.

- 14- Ndabigengesere, A., and Narasah, K.S. (1997). "Quality of water treated by coagulation using *Moringa Oleifera* seeds." *Wat.Res.*, 32(3), 781-791.
- 15- Muyibi, S.A., and Okufu, C.A., (1995). "Coagulation of low turbidity surface water with *Moringa Oleifera* seeds." *International J. of Environmental Studies*, 48, 263-273.
- 16- Hitendra, B., Folkard, G.K., and Chaudhari, S. (2006). "Innovative Physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa Oleifera* seed coagulant." *J. of Hazardous Materials*, 142, 477-482.