

بررسی کاهش غلظت نیترات و فسفات آب خروجی مزارع پرورش ماهی با استفاده از چغندر قند، ذرت علوفه‌ای خرد شده و پوسته گندم

میشم حق شناس^۱، جواد مظفری^{۲*} و مهدی قبادی نیا^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

۲. استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

۳. استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۶؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۱/۲۱)

چکیده

امروزه رودخانه‌ها به عنوان منابع مهم آبی در معرض خطر آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی از قبیل طرح‌های پرورش ماهی قرار دارند. در این پژوهش تأثیر فیلترهای طبیعی و مصنوعی بر کیفیت آب خروجی مزارع پرورش ماهی مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور از یک سری ستون‌هایی (لوله‌پی‌وی‌سی) به ارتفاع ۷۰ سانتیمتر برای بررسی تغییرات نیترات و فسفات استفاده شد. بدین صورت که در وسط هر لوله یک لایه ژئوتکستایل قرار گرفت. سپس تفاله چغندر قند، سبوس گندم و ذرت علوفه‌ای به عنوان فیلترهای طبیعی به ارتفاع ۱۰ سانتی متر درون لوله‌ها ریخته شد و آب به صورت مستمر و به مدت ۴ ساعت از ستون‌ها عبور کرد. سپس از ورودی و خروجی ستون‌ها در زمان‌های مشخصی نمونه برداری به عمل آمد. نتایج نشان داد که درصد جذب نیترات در سبوس گندم و ذرت علوفه‌ای روندی افزایشی و سپس کاهشی به خود گرفته و در تفاله چغندر قند با گذشت زمان درصد جذب، به صورت کاهشی است. همچنین درصد جذب فسفات در چغندر قند به صورت افزایشی، ذرت علوفه‌ای روند افزایشی-کاهشی و در سبوس گندم روند افزایشی-کاهشی را در مدت زمان ۴ ساعت نشان می‌دهد. نهایتاً مشخص گردید که از میان سه ماده کشاورزی بیشترین جذب نیترات و فسفات مربوط به سبوس گندم می‌باشد و جذب نیترات نسبت به فسفات در هر سه ماده جاذب بیشتر می‌باشد. همچنین نتایج حاصله بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین خروجی تیمارها از نظر میزان نیترات و فسفات در سطح احتمال یک درصد است. از سوی دیگر، با معنی‌دار شدن اثر متقابل خروجی تیمارها در مدت زمان‌های مختلف می‌توان چنین برداشت نمود که مواد گیاهی انتخاب شده به عنوان فیلتر قابلیت بالایی در جذب نیترات و فسفات دارند.

کلید واژگان: طرح‌های پرورش ماهی، فسفات، نیترات، مواد گیاهی جاذب

۱. مقدمه

امروزه یکی از منابع آب تأمین کننده نیازهای بشری، رودخانه‌ها هستند که علاوه بر کمیت، پارامترهای کیفی آن‌ها نیز از مؤلفه‌های حائز اهمیت به شمار می‌روند (Abedi & Najafi, 2002). یکی از فعالیت‌های انسانی که می‌تواند بر کیفیت آب رودخانه تأثیر منفی بگذارد، توسعه طرح‌های پرورش ماهی است که در استان چهارمحال و بختیاری به این قسمت توجه خاص مبذول شده و هم‌اکنون این استان با تولید ۱۴۱۸۸ تن قزل‌آلای رنگین، رتبه اول کشور را از نظر تولید ماهیان سردآبی داراست (Iran Fisheries Organization, 2011). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (E.P.A, 2002) حداکثر غلظت نیترات را بر حسب ازت 10 mg/l و مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران 45 mg/l بر حسب نیترات تعیین کرده است. همچنین میزان فسفات در آب‌های تقریباً آلوده در محدوده $2/72$ – $0/16$ میلی گرم در لیتر متغیر است. امروزه روش‌های مختلفی جهت حذف نیترات وجود دارد که از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به: ۱- جذب زیستی ۲- تجزیه الکتریکی ۳- گیاه‌پالایی ۴- فرایند غشایی و اسمز معکوس ۵- جذب سطحی فیزیکی ۶- تبادل یونی و جذب‌های طبیعی اشاره کرد که از بین آن‌ها، تبادل یونی یکی از ساده‌ترین و مؤثرترین روش‌ها است (Fernandez-Olmo, 2008). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه حذف آلاینده‌ها با استفاده از ضایعات ارزان قیمت کشاورزی از جمله خاک اره درخت سدر (Djeribi & Hamdaoui, 2008)، پودر پوست نارگیل (Polat, 2008) و پوست عدس و پوست گندم (Aydin, 2011) صورت گرفته است. Demiral & Gunduzoglu (2010) حذف نیترات از محلول‌های آبی را با استفاده از کربن تهیه شده از باگاس را مورد بررسی قرار دادند. Xing و همکاران (2011) حذف نیترات توسط پوشال گندم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که جذب‌های گیاهی مورد

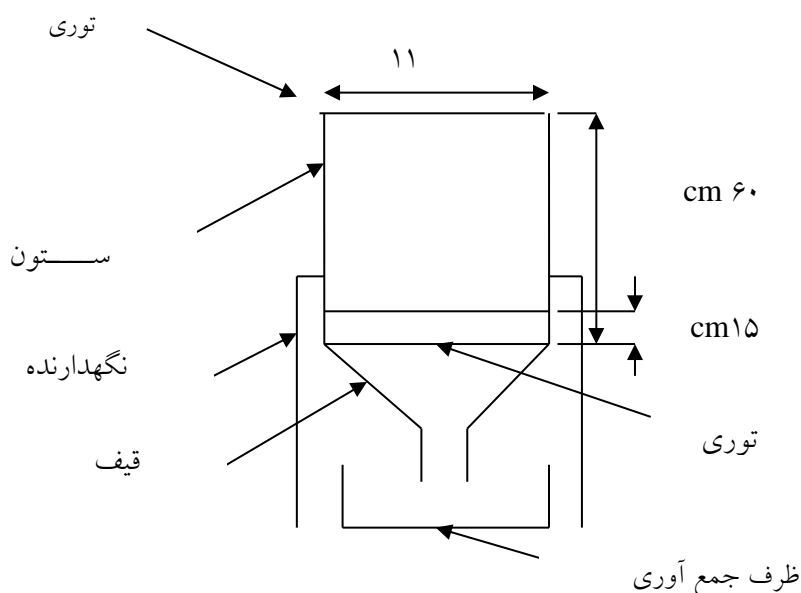
مطالعه قابلیت بالایی در حذف نیترات دارند. در پژوهشی که توسط Abedi coupayee و همکاران (2012) صورت گرفت، اثر نانو جاذب‌های نی و پوشال نیشکر به منظور حذف نیترات از محلول آبی مورد بررسی قرار گرفت. اثر عواملی مانند جرم جاذب، غلظت نیترات ورودی، pH و حضور سایر یون‌های رقابتی روی جذب نیترات مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که نانو جاذب‌های نی و پوشال نی شکر اصلاح شده قابلیت حذف یون‌های نیترات را دارا بوده و از بین دو جاذب، نانو جاذب نی توانایی بیشتری در حذف نیترات داراست (Abedi coupayee et al., 2012). Javani و همکاران (2012) در یک پژوهش، جاذب‌هایی که برای حذف نیترات استفاده شده است و میزان تأثیرشان در جذب نیترات را بررسی کردند. بر طبق این پژوهش، کربن فعال نارگیل اصلاح شده با کلرید روی و کربن فعال چوب نارگیل اصلاح نشده به ترتیب دارای جذب $10/2$ و $1/7$ میلی گرم در زمان دو دقیقه بوده‌اند. نانو تیوپ کربن برای جذب 25 میلی مول در گرم در زمان یک دقیقه، دانه‌های چیتوسان دارای جذب $90/7$ میلی گرم در گرم در 24 دقیقه، ملاس چغندر قند دارای جذب $1/4$ میلی مول در گرم در 48 دقیقه و شلتوک برنج دارای جذب $1/3$ میلی مول در گرم در زمان 48 دقیقه بوده‌اند. پژوهش‌های بررسی شده نشان‌دهنده قابلیت کاربرد مواد ارزان قیمت در جذب نیترات و فسفات است. با توجه به اینکه مقرون به صرفه بودن مواد جاذب برای مزارع پرورش ماهی مورد تأکید است، هدف از این پژوهش تأثیر فیلترهای طبیعی ارزان قیمت بر کاهش غلظت نیترات و فسفات آب خروجی مزارع پرورش ماهی است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور طراحی و تهیه یک فیلتر جهت کاهش آلاینده‌های ناشی از مزارع پرورش ماهی از یک سری مواد گیاهی و ضایعات کشاورزی که خاصیت جذب سطحی در

ارتفاع ۱۵ سانتیمتر ریخته و از مواد مورد نظر به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر پر کرده، در ضمن در انتهای هر یک از لوله‌ها، قیف جمع‌آوری کننده مطابق با شکل (۱) قرار داده شد. همچنین به منظور جلوگیری از ورود مواد معلق به ضایعات مورد نظر و مسدود شدن آن‌ها، دو عدد توری فلزی روی دهانه ورودی استوانه نصب گردید. برای عبور آب با درصد آلاینده‌گی بالا و به صورت مستمر بر لوله‌های مورد نظر، آزمایش در خروجی یک مزرعه پرورش ماهی واقع در شهرستان اردل، از توابع استان چهارمحال و بختیاری صورت پذیرفت. استوانه‌های مورد نظر مطابق شکل ۲ روی یک جعبه فلزی که از قبل در نظر گرفته شده نصب گردید و به وسیله شیلنگ و شیر پلاستیکی، آب مورد نظر از خروجی مزرعه پرورش ماهی روی ستون‌های پلاستیکی قرار داده شد. این کار در مدت ۴ ساعت به صورت مستمر صورت پذیرفت و در زمان‌های ۱، ۲، ۴، ۸، ۳۲، ۱۲۰، ۶۰ و ۲۴۰ دقیقه از ورودی و خروجی آب استوانه‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس نمونه‌های مورد نظر به منظور سنجش میزان غلظت نیترات و فسفات، پس از شماره‌گذاری و در داخل محفظه یخ به آزمایشگاه دانشگاه شهرکرد انتقال داده شد.

جذب بعضی از یون‌ها نظیر نیترات و فسفات را دارند و همچنین در منطقه مورد نظر مطالعاتی (چهارمحال و بختیاری) فراوان باشد، استفاده گردید. در ضمن مواد انتخابی باید از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند. بدین منظور از تفاله چغندر قند، ذرت علوفه‌ای خرد شده و پوسته گندم به عنوان ماده پیشنهادی برای آزمایش‌های مورد نظر استفاده گردید. مواد ذکر شده از کارخانه قند و دامداری‌های واقع در شهرکرد تهیه گردید. پس از تحقیق و بررسی مواد گیاهی مورد نظر، از منظر عدم تأثیرگذاری سوء بر کیفیت آب خروجی، به بررسی تأثیر ضایعات کشاورزی در کاهش غلظت نیترات و فسفات آب خروجی از مزارع پرورش ماهی پرداخته شد. به منظور افزایش راندمان جذب، ذرت علوفه‌ای را به وسیله خردکن معمولی به ذرات کوچک و مناسب تبدیل کرده و ناخالصی‌های موجود در سبوس و تفاله چغندر را نیز به وسیله الک ریز معمولی جداسازی کرده، سپس هر سه ماده را به وسیله آب مقطر کاملاً شست و شو داده تا ناخالصی‌های موجود در آن‌ها تأثیری بر آزمایش‌های مورد نظر نگذارند. پس از فراهم ساختن مواد اولیه، هر یک از مواد مورد نظر را داخل یک عدد لوله PVC به قطر ۱۱ و



شکل ۱. نمایی از ستون حاوی مواد گیاهی با عبور مستمر آب



شکل ۲. نمایی از ستون‌های حاوی مواد گیاهی

کاهش‌ی به خود گرفته و در تفالهٔ چغندر قند تقریباً درصد جذب به صورت کاهش‌ی کم می‌گردد.

همچنین از میان سه مادهٔ کشاورزی بیشترین جذب نیترات مربوط به سبوس گندم با ۸۹/۶۹ درصد جذب و در مدت زمان ۳۲ دقیقه صورت گرفته است و بیشینهٔ درصد جذب نیترات در ذرت علوفه‌ای و تفالهٔ چغندر قند به ترتیب برابر با ۷۳/۹۶ و ۸۶/۸۹ و در مدت زمان‌های ۸ و ۲ دقیقه صورت پذیرفته است. لازم به ذکر است نتایج به دست آمده حاکی از کاهش نیترات در زمان‌های گوناگون است که با نتایج Aydin *et al* (2011) و Xing *et al* (2011) مبنی بر حذف نیترات از محلول‌های آبی با استفاده از باگاس چغندر و پوست گندم مطابقت دارد.

همچنین نتایج، روند افزایشی جذب فسفات در چغندر قند، روند افزایشی-کاهش‌ی در ذرت علوفه‌ای و روند افزایش-کاهش‌ی جذب فسفات را در سبوس گندم و در مدت زمان ۴ ساعت نشان می‌دهد. مشاهده شد که در زمان ۳۲ دقیقه برای سبوس گندم و در زمان‌های ۲ و ۴ دقیقه برای تفالهٔ چغندر قند و ذرت، بیشینهٔ جذب فسفات با ۹۱/۷۱٪، ۸۰/۲۵٪ و ۸۶/۱۶٪ صورت گرفته است.

برای هر مؤلفهٔ پساب، درصد جذب تغییرات با رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

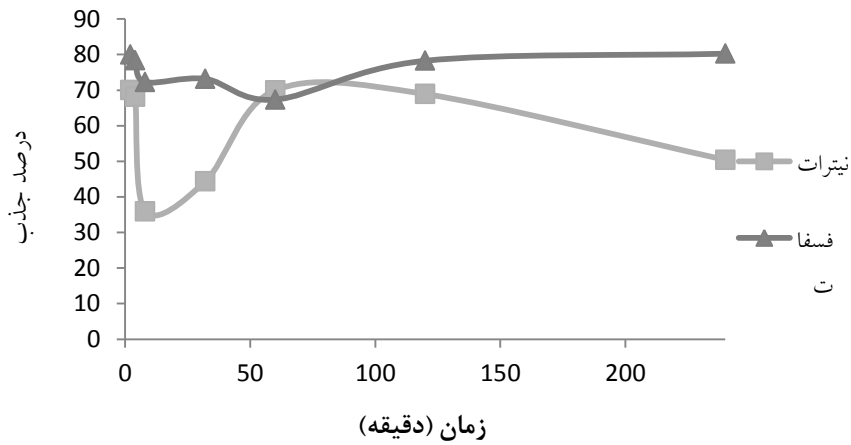
$$c(\%) = \frac{(c_{tw} - c_{ow})}{c_{ow}} * 100 \quad (1)$$

که در آن c_{tw} غلظت یا مقدار در زه آب خروجی، c_{ow} غلظت یا مقدار در پساب ورودی و c درصد تغییرات غلظت است. همچنین، جهت آنالیز جذب پساب از ورودی و خروجی ستون‌های حاوی مواد از آنالیز کوواریانس استفاده شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SPSS صورت پذیرفت. لازم به ذکر است که جهت مقایسهٔ میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪ استفاده شد. همچنین در جدول (۱)، مشخصات تیمارهای مورد استفاده قرار گرفته است.

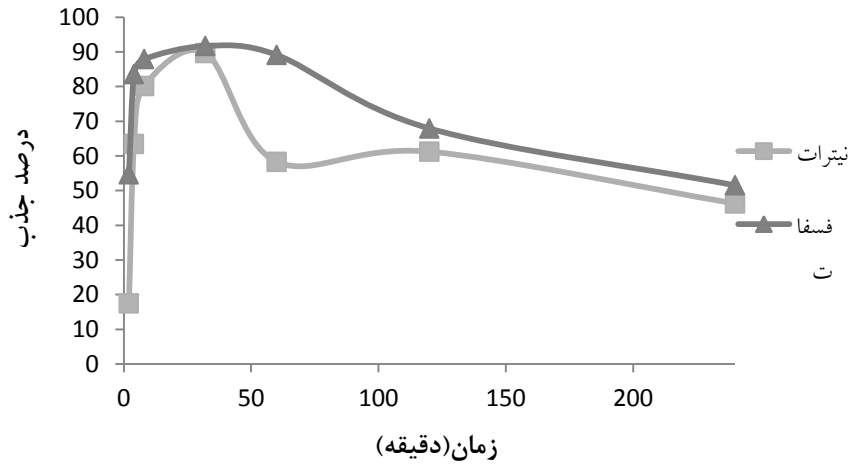
۳. نتایج

۱،۳. بررسی درصد جذب فسفات و نیترات

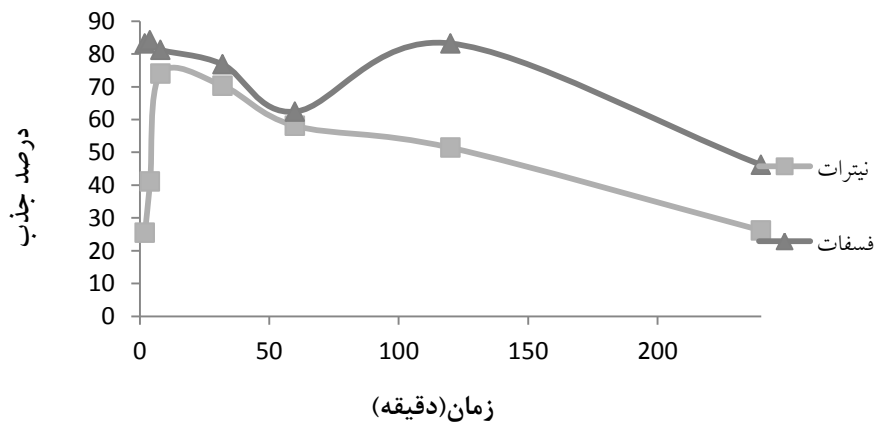
درصد جذب نیترات و فسفات سه مادهٔ کشاورزی انتخابی در شکل ۳، ۴ و ۵ به ترتیب آمده است. شکل‌های مذکور نشان می‌دهد که درصد جذب نیترات در سبوس گندم و ذرت علوفه‌ای روندی افزایشی-



شکل ۳. درصد جذب نیترات و فسفات تیمار تفاله چغندر



شکل ۴. درصد جذب نیترات و فسفات تیمار سیوس گندم



شکل ۵. درصد جذب نیترات و فسفات تیمار ذرت علوفه‌ای

۲,۳. تجزیه آماری تغییرات نیترات و فسفات

تجزیه کوواریانس تغییرات نیترات و فسفات در عبور آب خروجی به صورت مستمر از تیمارهای سبوس گندم، تفالۀ چغندر قند و ذرت گندم، تفالۀ چغندر قند و ذرت علوفه‌ای در جدول (۱)

آورده شده است. نتایج حاصله اختلاف معنی‌دار بین خروجی تیمارهای سبوس گندم، تفالۀ چغندر قند و ذرت علوفه‌ای از نظر میزان نیترات و فسفات در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۱. تجزیه کوواریانس تغییرات نیترات و فسفات در عبور آب از تیمارهای سبوس گندم، تفالۀ چغندر قند و ذرت علوفه‌ای

منابع تغییرات (df)	نیترات	فسفات
تکرار	۵/۲۹ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
ستون‌های حاوی مواد گیاهی	۹۳/۲۰ ^{**}	۰/۰۶ ^{**}
زمان	۶۴۲/۵۳ ^{**}	۰/۰۸ ^{**}
ستون‌های مواد گیاهی در زمان‌های مختلف	۲۰۸۱/۴۳ ^{**}	۰/۰۵ ^{**}
کووریت	۱۹۲/۰۶ ^{**}	۰/۰۴ ^{**}
خطا	۸/۷۰	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (CV)	۷/۱۲	۱۸/۲۶

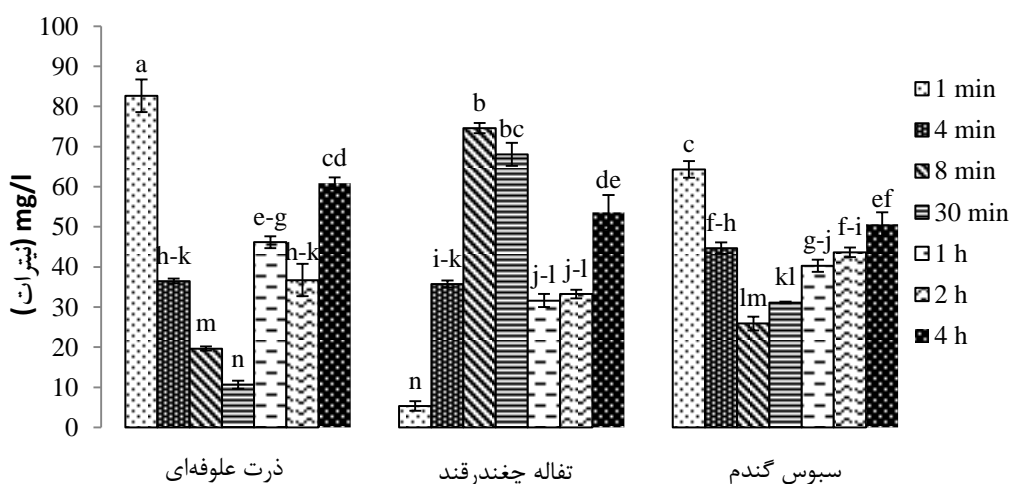
ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

۳,۳. بررسی نتایج مقایسه میانگین خروجی

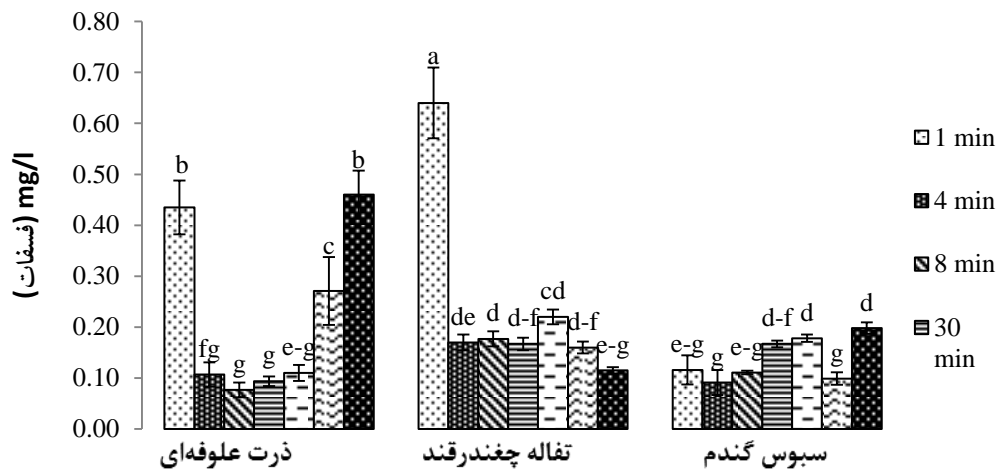
نیترات و فسفات

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل خروجی تیمارهای سبوس گندم، تفالۀ چغندر قند و ذرت علوفه‌ای

از نظر میزان نیترات و فسفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد در شکل‌های (۶) و (۷) آورده شده است.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای خروجی نیترات در زمان‌های مختلف



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای خروجی فسفات در زمان‌های مختلف

ساعت است. تفاوت موجود در روند جذب نیترات در هر یک از موادهای انتخابی می‌تواند به دلیل متفاوت بودن ساختار فیزیولوژیکی، بافتی و ترکیبی هر سه ماده باشد. همچنین سبوس گندم و ذرت علوفه‌ای خشک به دلیل نفوذپذیری کم، در ابتدا درصد جذب کمی را شامل می‌شوند، اما با عبور دبی آب به صورت مستمر این خاصیت برطرف شده و ظرفیت جذب نیز بیشتر می‌گردد. تفاله چغندر قند نیز به دلیل تراکم بالا و جذب خوب آب در ابتدای تماس، درصد بالایی از نیترات را جذب کرده اما پس از مدت زمانی این میزان کم می‌گردد. در ضمن می‌توان نتیجه گرفت یکی از دلایل درصد بالای جذب نیترات و فسفات در این سه ماده ناشی از قرار دادن توری‌های فلزی در ابتدای لوله‌های پی‌وی سی است، زیرا مواد معلق جامدی که توسط این توری‌ها فیلتر می‌شوند، حاوی درصد بالایی از نیترات و فسفات هستند. از میان سه ماده کشاورزی بیشترین جذب نیترات و فسفات مربوط به سبوس گندم با درصد جذب ۸۹/۶۹٪ و ۹۱/۷۱٪ و در مدت زمان ۳۲ دقیقه صورت گرفته است. نتایج حاصله وجود اختلاف معنی‌دار بین خروجی تیمارهای ذرت علوفه‌ای، سبوس گندم و تفاله چغندر قند از نظر میزان نیترات و فسفات در سطح احتمال یک

حروف غیر مشترک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ از نظر آزمون دانکن است. با توجه به شکل‌های مذکور، میانگین اثر متقابل بین تیمارهای خروجی نیترات در زمان‌های مختلف معنی‌دار است. با معنی‌دار شدن اثر متقابل خروجی تیمارهای سبوس گندم، تفاله چغندر قند و ذرت علوفه‌ای در مدت زمان‌های مختلف می‌توان برداشت کرد که مواد گیاهی انتخاب شده به عنوان فیلتر قابلیت بالایی در جذب نیترات و فسفات دارند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر فیلترهای طبیعی و مصنوعی بر کاهش غلظت نیترات و فسفات آب خروجی مزارع پرورش ماهی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد درصد جذب نیترات در سبوس گندم و ذرت علوفه‌ای روندی افزایشی-کاهشی به خود گرفته و در تفاله چغندر قند با گذشت زمان درصد جذب، به صورت کاهشی کم می‌گردد. همچنین درصد جذب فسفات در چغندر قند به صورت افزایشی، ذرت علوفه‌ای روند افزایشی-کاهشی و در سبوس گندم روند افزایش-کاهشی در مدت زمان ۴

شدن اثر متقابل خروجی تیمارهای ذرت علوفه‌ای، سبوس گندم و تفاله چغندر قند در مدت زمان‌های مختلف می‌توان چنین برداشت کرد که مواد گیاهی انتخاب شده به عنوان فیلتر قابلیت بالایی در جذب نیترات و فسفات را دارند.

درصد را نشان می‌دهد. همچنین، نتایج نشان‌دهنده جذب بیشتر نیترات نسبت به فسفات در بیشتر زمان مورد آزمایش است که با توجه به بار منفی بیشتر فسفات نسبت به نیترات و امکان جذب بیشتر نیترات، روند مذکور قابل پذیرش می‌باشد. از سوی دیگر، با معنی‌دار

References

- Javani, H., Liaghat, A., Hasan oqli, A., Naderi, M., 2012. The Effect of artificial recharge to reduce phosphorus, nitrates and suspended solids in wastewater. National conference of Sciences of water & wastewater engineering, Graduate Advanced Industrial Technology University, Kerman.(In Persian)
- Iran Fisheries Organization, 2011. Statistical Yearbook of fishery production. Planning and Development Assistance of Plan and Budget Management, 69 p.(In Persian)
- Abedi, M., Najafi, p., 2002. The use of treated wastewater in agriculture. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, 270 p. (In Persian)
- Abedi coupayee, J., Mousavi, F., Ferasati, M., 2012. The use of Nano-adsorbents plants in order to remove nitrate from aqueous solutions. Journal of Research in Water Resources 3:28-38. (In Persian)
- Aydin, H., Bulut, Y., Yerlikaya, C., 2011. Removal of copper from aqueous solution by adsorption onto low-cost adsorbents. Journal of environmental management 87:37-45.
- Demiral, H., Gunduzoglu, G. 2010. Removal of nitrate from aqueous solutions by activated carbon prepared from sugar beet bagasse, Bioresource Technology Journal. 101:1675-1680
- Djeribi, R., Hamdaoui, O. 2008. Sorption of copper from aqueous solutions by cedar sawdust and crushed brick. Journal of Desalination 225:95-112.
- E.P.A. 2002. Environmental effects of aquaculture industry. U.S.A. 168 p.
- Fernandez-Olmo, I., Fernandez, J.L., Irabien, A., 2007. Purification of dilute hydrofluoric acid by commercial ion exchange resins. Journal of Separation and Purification Technology 56:118-125.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H., Naci Onus, A., 2008. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture, Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 12:183-189.
- Xing., X., Gao, Y., Zhong, Q., Yue, Q., Li, Q., 2011. Sorption of nitrate onto amine crosslinked wheat straw: characteristics, column sorption and desorption properties, Journal of Hazardous Materials 186(1): 206-2011.