بررسی کارایی گیاه عدسک آبی در میزان جذب نیترات از محیط آبی در شرایط آزمایشگاهی

علی اصغر نجف پور[۱]، فرشته قاسم زاده[۲]، سید محمد رضا طیبان[۳] ، حدیث یوسف زاده[۴] ، فریبا نوعدوست[۵]

۱. استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
۲. دانشیار و عضو هیئت علمی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد
۳. دانشجوی کارشناسی رشته بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران
۴. کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور تهران
۵. کارشناس ارشد اکولوژی- سیستماتیک گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

خلاصه:

مقدمه: نیترات یکی از مهمترین آلاینده هایی بوده که با توجه به حلالیت بسیار بالای آن، خارج کردن آن از آب فرآیندی بسیار پر هزینه محسوب می شود. بسیاری از رودخانه های دنیا، گرفتار مشکلات ناشی از تخلیه فاضلاب می باشند. تخلیه فاضلاب به داخل منابع آب موجب وقوع پدیده اتروفیکاسیون و از بین رفتن کیفیت آب در اثر رشد بیش از حد گیاهان و جلبکها می گردد. را ه های گوناگونی برای حذف نیترات مطرح شده است که اکثر آنها، پر هزینه و گران قیمت می باشند. با توجه به مطالب بیان شده استفاده از روش های بیولوژیکی و زیستی که کم هزینه تر هستند معقول به نظر می رسد. گیاهان آبزی برای رشد نیازمند حضور نیتروژن و نیترات می باشند و قادرند نیترات را جذب نمایند. عدسک آبی در خانواده Lemnaceae قرار دارد و جز گیاهان شناور آبزی است. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان کارایی گیاه عدسک آبی در جذب نیترات از محیط آبی و نیز تعیین تاثیر غلظت نیترات بر میزان جذب نیترات توسط گیاه با کشت دادن گیاه در محیط حاوی مواد غذایی در محیط آزمایشگاه انجام گردیده و راندمان حذف برای آن به دست آمده است.

مواد و روش ها: این مطالعه یک مطالعه علوم پایه می باشد. بر اساس روش نمونه گیری غیر احتمالی و مبتنی بر هدف و با استفاده از نرم افزار GPower 3.0.1 تعداد ۶۴ نمونه تعیین گردید. تعداد ۸ اکواریوم طراحی و ساخته شد. عدسک ها آبی را وارد اکواریوم ها نموده و به محیط کشت مواد نوترینت بدون نیترات اضافه می گردید. چهار غلظت ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی گرم بر لیتر نیترات به عنوان غلظت های اولیه تعیین گردیدند. ۶۴ نمونه در فواصل زمانی ۴۸ ساعته طی ۷ مرحله نمونه برداری از زیر سطح گیاه عدسک آبی به میزان ۱۰۰ml برداشت می گردید. در روز نمونه برداری pH و دمای آب و دمای محیط آزمایشگاه اندازه گیری می گردید. برای اندازه گیری غلظت نیترات از روش UV و با استفاده از دستگاه Dr5000 در طول موج ۲۲۰nm میزان نیترات تعیین مقدار شد.

یافته ها: به منظور بررسی اثر متقابل بین مدت زمان در معرض و غلظت نیترات از آنالیز واریانس دوطرفه Anova استفاده گردید. براساس یافته های این مطالعه و نتایج این تحلیل، هر دو عامل بر میزان حذف نیترات موثر بودند. (P-value<0.0001 و R^2=0.980). برای مقایسه بین اثر غلظت های مختلف نیترات و درصد حذف آن از محیط آبی از آنالیز توکی استفاده گردید، بر اساس نتایج این آنالیز هیچ یک از ۳ غلظت نیترات در نظر گرفته شده، درصد حذف برابر با یکدیگر نداشتند. با استفاده از همین روش آنالیز اثر زمان های مختلف در معرض گیاه بودن را با یکدیگر مقایسه نمودیم. با توجه به نتایج حاصل از آزمون توکی تا روز ششم میزان حذف نیترات تفاوت چندانی با یکدیگر ندارد اما از روز هشتم تفاوت معنی دار آماری با روز های قبل پیدا می کند و در روز های دهم و دوازدهم تفاوت معنی داری بین درصد حذف نیترات مشخص نگردید. میزان حذف نیترات در روز چهاردهم نیز با سایر روزها متفاوت است.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نتایج این پژوهش گیاه عدسک ابی می تاوند نیترات را در غلظتهای ÷ایین از محلول های آبی جذب نماید. اما با افزایش غلظت نیترات این جذب کاهش می یابد، در فاضلاب خانگی که غلظت نیترات کم است این گیاه قادر به حذف نیرات خواهد بود.

واژگان کلیدی: نیترات ، عدسک آبی ، جذب

مقدمه:

نیترات یکی از مهمترین آلاینده هایی بوده که با توجه به حلالیت بسیار بالای آن خارج کردن آن از آب فرآیندی بسیار پر هزینه محسوب می شود (۱۰). در طبقه بندی های انجام شده توسط سازمان های حفاظت محیط زیست در ردیف آلاینده هایی قرار دارد که به سختی تصفیه می گردد(۱). در اثر استفاده زیاد از کودهای ازته ، عدم تصفیه کامل فاضلاب های خانگی و صنعتی ، مقدار نیترات در آب های سطحی و زیر زمینی در حال افزایش است(۲)، به طوری که بسیاری از رودخانه های دنیا، گرفتار مشکلات ناشی از تخلیه فاضلاب می باشند و در سال های اخیر این تخلیه در رودخانه های ایران افزایش یافته است(۷). در فاضلاب ازت به صورت ازت آلی می باشد که در اثر هیدرولیز به آمونیاک تبدیل و نهایتا در شرایط هوازی بر اساس فرآیند نیتریفیکاسیون (Nitrification) به نیتریت و نهایتا به نیترات تبدیل می گردد (۲، ۴). تخلیه فاضلاب به داخل منابع آب موجب وقوع پدیده اتروفیکاسیون و از بین رفتن کیفیت آب در اثر رشد بیش از حد گیاهان و جلبکها می گردد.(۳). حذف این آلاینده به عنوان یک استراتژی در دنیا مطرح است(۵). را ههای گوناگونی برای حذف نیترات مطرح شده است که این روش ها روش هایی پر هزینه و گران قیمت می باشند(۱۰) با توجه به مطالب بیان شده استفاده از روش های بیولوژیکی و زیستی که کم هزینه تر هستند معقول به نظر می رسد. به دنبال این امر استفاده از گیاهان که برای رشد و ایجاد پروتئین، نیترات و نیتروژن مصرف می کند راهی مناسب به نظر می رسد. گیاهان آبزی مانند گیاه عدسک آبی برای رشد نیازمند حضور نیتروژن و نیترات می باشند و قادرند نیترات را جذب نمایند(۴). خانواده Lemnaceae شامل ۴ جنس (*Lemna, Spirodela, Wolffia & Wolffiella*) می باشد و بیش از ۳۷ گونه آن شناسایی شده است. (۱۳) عدسک آبی در خانواده Lemnaceae قرار دارد و جز گیاهان شناور آبزی است که رشد بسیار سریعی در شرایط مطلوب دارد(۴). این گیاه به دلیل شناور بودن قسمت های رویشی و ریشه ها به طور آزاد در درون آب قرار دارند و به جایی متصل نمی باشند، به همین دلیل به آن ها گیاهان شناور آزاد گفته می شود(۱۲). و در سرتاسر دنیا و آب هایی که دارای نوترنیت زیاد می باشند یافت می شود.(۱۴) عدسک آبی مواد نوترینت مصرفی را به پروتیئن تبدیل می کند(۱۳). این پروتئین تولید شده در گیاه را می توان به مصرف غذایی حیوانات رساند و یا به صورت کود جامد مورد استفاده قرار داد.(۱۳) دمای ۳۳- ۶ درجه سانتیگراد که محدوده ۲۸-۲۰ درجه سانتیگراد مناسب ترین دما می باشد و pH ۹- ۶ که بهترین میزان رشد در ۷/۵ -۶/۵ می باشد.عمق آکواریوم برای پرورش عدسک آبی ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر است شرایط اکولوژیکی مناسب جهت پرورش گیاه عدسک آبی است.

در مطالعه ای که توسط وفا ابوالخیر در کشور مصر در سال ۲۰۰۷ بروی کارایی گیاه عدسک آبی در تصفیه فاضلاب انجام گرفت راندمان حذف آلاینده هایی مانند فیتوپلانتون ها، کلی فرم مدفوعی و کل،

کـل جامـدات معلـق، اکـسیژن محلـول بیوشـیمیایی، اکـسیژن محلـول شـیمیایی، نیتـرات، آمونـیاک، ارتوفسفات، مس، سرب، قلع، کادمیوم در ۸ روز تماس، طی ۴ مرحله نمونه برداری (نمونه برداری هر دو روز یکـبار) انجـام گردید، که میزان تمامی آلاینده ها در پایان ۸ روز کاهش یافته اند. در مطالعه ای که توسـط رمـضانعلی دیانتـی در مـورد بررسـی میـزان جذب نیتروژن و فسفر از محیط آبی به وسیله گیاه عدسـک آبـی انجـام گردید ۳ غلظت (۲۰ ، ۴۰، ۶۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) تعیین و در فواصل زمانی ۴۸ ساعته طی ۵ مرحله نمونه برداری انجام و راندامان جذب تعیین گردیده است.

مطالعـه حاضر با هدف تعیین میزان کارایی گیاه عدسک آبی در جذب نیترات از محیط آبی و نیز تعیین تاثیـر غلظت نیترات بر میزان جذب نیترات توسط گیاه با کشت دادن گیاه در محیط حاوی نوترینت در محیط آزمایشگاه انجام گردیده و راندمان حذف برای آن به دست آمده است.

مواد و روش ها:

این مطالعه یک مطالعه علوم پایه می باشد. بر اساس روش نمونه گیری غیر احتمالی و مبتنی بر هدف و با استفاده از نرم افزارGPower 3.0.1 تعداد ۶۴ نمونه تعیین گردید.

گام های آماده سازی: تعـداد ۸ اکواریوم با ابعاد ۳۴cm طول و ۱۸cm عرض و ۳۰cm ارتفاع طراحی و ساخته شد. در هر اکواریوم تا ارتفاع ۲۵cm آب مقطر ریخته شد (۱۵/۳lit آب مقطر) برای جلوگیری از نفـوذ نـور خورشـید از دیـواره های اکواریوم به داخل آن دور تا دور اکواریوم به وسیله مقوا پوشیده شد. عدسـک ها آبی را وارد اکواریوم ها نموده و به محیط کشت مواد نوترینت اضافه گردید. چهار غلظت ۰ ، ۳۰ ، ۶۰ ، ۹۰ میلـی گـرم بر لیتر نیترات به عنوان غلظت های اولیه تعیین گردیدند. برای ایجاد غلظت هـا مورد نظر نیترات، از نمک نیترات سدیم استفاده شد. برای هر غلظت دو اکواریوم در نظر گرفته شد. دو اکواریوم دارای غلظت صفر به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفتند.

نمـونه بـرداری آب: نمـونه بـرداری از زیـر سطح گیاه عدسک آبی به میزان ۱۰۰ml به وسیله پیپت برداشـت گـردید و برای جلوگیری از ورود احتمالی گیاه به داخل بطری نمونه، نمونه از صافی عبور داده شـد. نمـونه بـرداری در فواصـل زمانـی ۴۸ ساعته طی ۷ مرحله انجام گردید(در مجموع ۶۴ نمونه آب برداشـت شـده اسـت). نمـونه هـا طـبق دستور العمل های موجود در کتاب استاندارد متد به آزمایشگاه انتقال داده شد و مورد آنالیز قرار گرفت. در روز نمونه برداری pH و دمای آب و دمای محیط آزمایشگاه اندازه گیری می گردید.

آنالیـز نمونه های آب: بـرای اندازه گیری غلظت نیترات از روش UV و با استفاده از دستگاه Dr5000 در طـول مـوج ۲۲۰nm میـزان غلظت نیترات تعیین مقدار شد.(حداکثر غلظت قابل اندازه گیری با این روش ۴۵ppm می باشد که غلظت های بیشتر از آن با آب مقطر رقیق سازی می گردید.)(۱۱).

آمـاده سـازی گیاه برای سنجش نیترات: بعد از شستشو با آب مقطر و خشک کردن گیاه میزان ۵

گـرم از بافـت گیاهـی را در آون بـا دمـای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده و سپسس بعد از گذشت ۴۸ سـاعت نمـونه ها خشک و پودر گردید. سپس از هر نمونه به میزان ۰/۲ گرم توزین و ۲۰ سی سی اسید اسـتیک ۲ درصـد بـه آنهـا اضـافه شـد. بعـد از تهـیه محلول، نمونه ها را به مدت ۲۰ دقیقه در دور کم سانتریفوژ کرده تا محلول یکنواخت و عصاره نیترات بدست آید(۱۱).

آنالیــز نمونه های گیاه: برای اندازه گیری نیترات توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر دستگاه بر روی طول موج ۵۴۰ نانومتر تنظیم گردید . میزان نیترات موجود در گیاه تعیین مقدار گردید(۱۱).

یافته ها:

در ایـن مطالعـه گیاه عدسک آبی در یک دوره ۱۴ روزه در درون ۸ اکواریوم محتوی محیط کشت بدون نیترات و غلظت های مختلف نیترات رشد داده شد.

پارامتــرهای فیزکوشــیمیایی: نتایج به دست آمده در جدول ۱ نشان می دهد که دمای آب به طور متوسـط ۱۹/۷°C بـا انحـراف معیار ۱/۳ بوده است. حداقل دمای آب در این مطالعه ۱۷/۳°C و حداکثر ۲۲/۲°C بـوده اسـت. کـه در محـدوده دمـای مناسب رشد گیاه می باشد. دمای هوای آزمایشگاه نیز به صـورت متوسـط ۲۱/۷°C بـا انحـراف معـیار ۱/۶۵ می باشد و حداقل دما ۱۹°C و حداکثر ۲۵°C بوده اسـت. براساس جدول ۱ متوسط pH برابر ۶/۲ با انحراف معیار ۰/۰۸۵ بوده است که حداقل pH برابر با ۶ و حداکثر آن برابر ۶/۴ می باشد. که در محدوده pH مناسب برای رشد گیاه می باشد(pH مطلوب ۵/ ۷- ۶ می باشد).

جدول ۱ : جدول تغییرات دما و pH در دوره تماس

پارامترها	N	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
دمای آب	64	17.30	22.20	19.7109	1.30750
دمای هوای آزمایشگاه	64	19.00	25.00	21.7500	1.65232
pH	64	6.00	6.40	6.2061	.08501
Valid N (listwise)	64				

در جدول ۲ و ۳ حداقل و حدکثر این پارامتر ها بر اساس روز و غلظت های مختلف نشان داده شده است.

جدول ۲

زمان	پارامترها	N	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
شروع	دمای آب	8	20.10	20.90	20.4875	.28504
	دمای هوای آزمایشگاه	8	22.00	22.00	22.0000	.00000

	pH	8	6.01	6.40	6.2137	.15259
	Valid N (listwise)	8				
بعد از ۲ روز	دمای آب	8	19.20	19.80	19.4750	.20529
	دمای هوای آزمایشگاه	8	21.00	21.00	21.0000	.00000
	pH	8	6.00	6.32	6.1488	.12311
	Valid N (listwise)	8				
بعد از۴ روز	دمای آب	8	17.30	17.90	17.5125	.21002
	دمای هوای آزمایشگاه	8	19.00	19.00	19.0000	.00000
	pH	8	6.07	6.19	6.1438	.04069
	Valid N (listwise)	8				
بعد از ۶ روز	دمای آب	8	19.40	19.90	19.6500	.16036
	دمای هوای آزمایشگاه	8	23.00	23.00	23.0000	.00000
	pH	8	6.12	6.22	6.1725	.03919
	Valid N (listwise)	8				
بعد از ۸ روز	دمای آب	8	20.50	21.50	21.1000	.32071
	دمای هوای آزمایشگاه	8	25.00	25.00	25.0000	.00000
	pH	8	6.15	6.26	6.2050	.04036
	Valid N (listwise)	8				
بعد از ۱۰ روز	دمای آب	8	18.10	18.90	18.4375	.29246
	دمای هوای آزمایشگاه	8	21.00	21.00	21.0000	.00000
	pH	8	6.17	6.27	6.2288	.03682
	Valid N (listwise)	8				
بعد از ۱۲ روز	دمای آب	8	19.10	19.70	19.3625	.21998
	دمای هوای آزمایشگاه	8	21.00	21.00	21.0000	.00000
	pH	8	6.22	6.30	6.2575	.02493
	Valid N (listwise)	8				
بعد از ۱۴ روز	دمای آب	8	21.10	22.20	21.6625	.35431
	دمای هوای آزمایشگاه	8	22.00	22.00	22.0000	.00000
	pH	8	6.24	6.32	6.2788	.02475
	Valid N (listwise)	8				

جدول ۳

mg/lit NO3 primary	پارامتر ها	N	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
.00	دمای آب	16	17.30	21.90	19.6563	1.36771
	دمای هوای آزمایشگاه	16	19.00	25.00	21.7500	1.69312
	pH	16	6.15	6.37	6.2281	.06337
	Valid N (listwise)	16				
30.00	دمای آب	16	17.30	22.20	19.8875	1.39182

1.69312	21.7500	25.00	19.00	16	دمای هوای آزمایشگاه	
.08752	6.2425	6.40	6.00	16	pH	
				16	Valid N (listwise)	
1.31985	19.7750	21.90	17.60	16	دمای آب	60.00
1.69312	21.7500	25.00	19.00	16	دمای هوای آزمایشگاه	
.09904	6.1931	6.32	6.01	16	pH	
				16	Valid N (listwise)	
1.24606	19.5250	21.40	17.40	16	دمای آب	90.00
1.69312	21.7500	25.00	19.00	16	دمای هوای آزمایشگاه	
.06748	6.1606	6.27	6.05	16	pH	
				16	Valid N (listwise)	

به منظور بررسی اثر متقابل بین مدت زمان در معرض و غلظت نیترات از آنالیز واریانس دوطرفه Anova استفاده گردید. براساس یافته های این مطالعه و نتایج این تحلیل، هر دو عامل بر میزان حذف نیترات موثر بودند. (P-value<0.0001 و R^2=0.980).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: diff

Sig.	F	Mean Square	df	Type III Sum of Squares	Source
.000	50.750	1047.379	23	24089.709(a)	Corrected Model
.000	1503.258	31024.433	1	31024.433	Intercept
.000	113.562	2343.706	2	4687.411	concen.1
.000	117.743	2429.998	7	17009.984	Time
.000	8.280	170.880	14	2392.314	concen.1 * Time
		20.638	24	495.315	Error
			48	55609.457	Total
			47	24585.024	Corrected Total

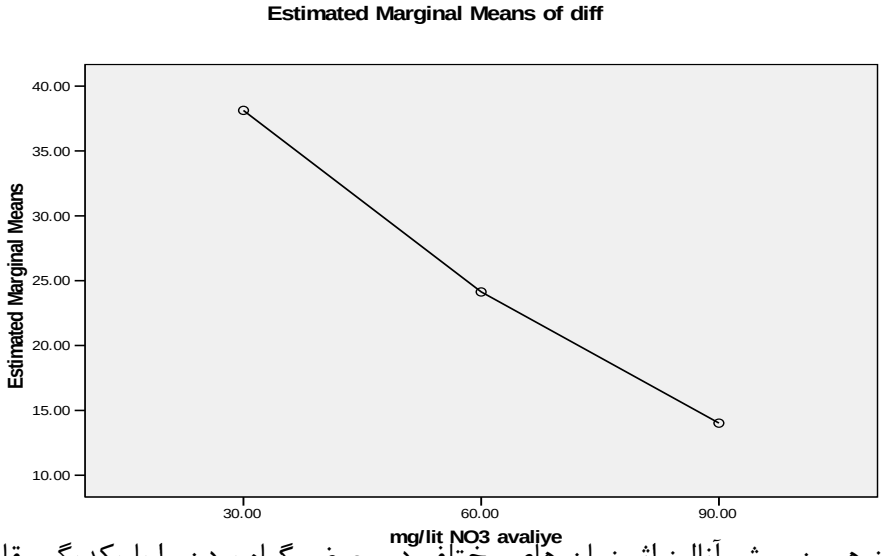
a R Squared = .980 (Adjusted R Squared = .961)

برای مقایسه بین اثر غلظت های مختلف نیترات و درصد حذف آن از محیط آبی از آنالیز توکی استفاده گردید بر اساس نتایج این آنالیز هیچ یک از ۳ غلظت نیترات در نظر گرفته شده، درصد حذف برابر با یکدیگر نداشتند (به عبارت دیگر غلظت های مختلف ۳۰ و ۶۰ و ۹۰ میلی گرم بر لیتر نیترات هر یک درصد متفاوتی از کاهش نیترات را داشته اند).

Tukey HSD

Subset			N	mg/lit NO3 primary
3	2	1	1	
		14.0188	16	90.00
	24.1302		16	60.00
38.1208			16	30.00
1.000	1.000	1.000		Sig.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 20.638.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 16.000.
b Alpha = .05.



بـا استفاده از همین روش آنالیز اثر زمان های مختلف در معرض گیاه بودن را با یکدیگر مقایسه نمودیم. بـا توجه به نتایج حاصل از آزمون توکی تا روز ششم میزان حذف نیترات تفاوت چندانی با یکدیگر ندارد امـا از روز هـشتم تفـاوت معنـی دار آمـاری با روز های قبل پیدا می کند و در روز های دهم و دوازدهم تفاوت معنی داری بین درصد حذف نیترات مشخص نگردید. میزان حذف نیترات در روز چهاردهم نیز با سایر روزها متفاوت است.

diff

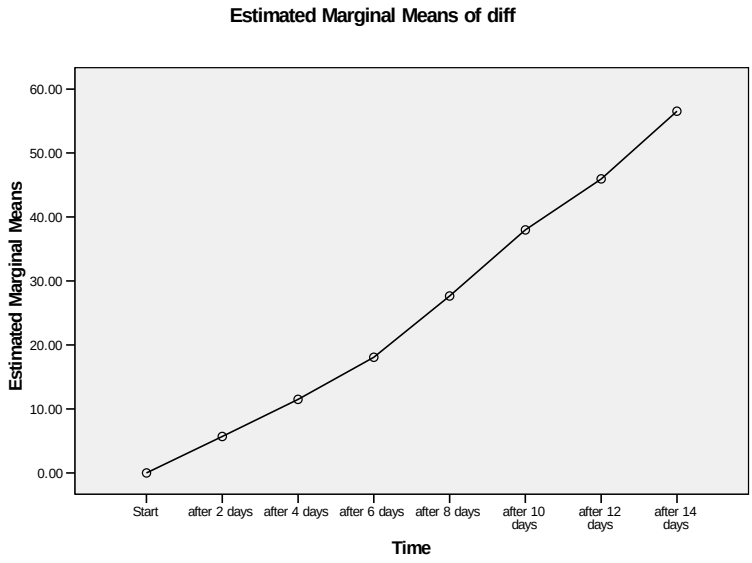
Tukey HSD

Subset						N	Time
1	6	5	4	3	2	1	
					.0000	6	Start
				5.6944	5.6944	6	after 2 days
			11.5000	11.5000		6	after 4 days
			18.0778			6	after 6

							days
		27.6481				6	after 8 days
	37.9907					6	after 10 days
	45.9472					6	after 12 days
56.5278						6	after 14 days
1.000	.090	1.000	.239	.379	.402		Sig.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 20.638.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
b Alpha = .05

.



اثـر مـتقابل مـدت زمـان در معـرض و غلظـت نیترات و درصد جذب آن توسط گیاه با استفاده از آنالیز واریـانس دو طـرفه Anova مـورد آنالیـز قـرار گـرفت و نتایج نشان می دهد که با توجه به اینکه درصد نیترات گیاه بر اساس جدول شماره ؟ تفاوتی در غلظت های مختلف نیترات اولیه نشان نمی دهد.

Sig.	F	Mean Square	df	Type III Sum of Squares	Source
.192	1.382	8044.629	31	249383.486 (a)	Corrected Model
.000	370.351	2155842.004	1	2155842.004	Intercept
.617	.605	3522.336	3	10567.008	concen.1
.414	1.059	6164.965	7	43154.752	Time
.126	1.578	9185.927	21	192904.459	concen.1 * Time
		5821.082	29	168811.375	Error
			61	2721951.75	Total

			60	418194.861	0 Corrected Total

a R Squared = .596 (Adjusted R Squared = .165)

بحث و نتیجه گیری:

با توجه به نتایج این پژوهش گیاه عدسک ابی می تاوند نیترات را در غلظتهای پایین از محلول های آبی جذب نماید. اما با افزایش غلظت نیترات این جذب کاهش می یابد، در فاضلاب خانگی که غلظت نیترات کم است این گیاه قادر به حذف نیرات خواهد بود. در مطالعه ای که توسط وفا ابوالخیر در کشور مصر در سال ۲۰۰۷ بروی کارایی گیاه عدسک آبی در تصفیه فاضلاب انجام گرفت راندمان حذف آلاینده هایی مانند فیتوپلانتون ها، کلی فرم مدفوعی و کل، کل جامدات معلق، اکسیژن محلول بیوشیمیایی، اکسیژن محلول شیمیایی، نیترات، آمونیاک، ارتوفسفات، مس، سرب، قلع، کادمیوم در ۸ روز تماس، طی ۴ مرحله نمونه برداری (نمونه برداری هر دو روز یکبار) انجام گردید، که میزان تمامی آلاینده ها در پایان ۸ روز کاهش یافته اند. در مطالعه ای که توسط رمضانعلی دیانتی در مورد بررسی میزان جذب نیتروژن و فسفر از محیط آبی به وسیله گیاه عدسک آبی انجام گردید ۳ غلظت (۲۰ ، ۴۰، ۶۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) تعیین و در فواصل زمانی ۴۸ ساعته طی ۵ مرحله نمونه برداری انجام و راندامان جذب تعیین گردیده است.

منابع:

۱. کرد ، ا. بررسی میزان نیترات ونیتریت در منابع آب های زیر زمینی شهرستان نهاوند . کتاب مقالات هشتمین همایش ملی بهداشت محیط آبان ۱۳۸۴. ص ۲۰

۲. محسنی ا. مشکلات بهداشتی نیترات در آب های آشامیدنی (خطرات بهداشتی وجود نیترات در آب های آشامیدنی).مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران شماره ۱۵، تابستان ۱۳۷۶،ص ۵۱ ۴۵-

۳. دیانتی،ر،ع. بررسی جذب نیترات توسط گیاه عدسک آبی از محیط آبی. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی زاهدان ۱۳۸۷

۴. قاسم زاده، ف. .(۱۳۸۵)"لیمنولوژی اکولوژی آب های شیرین" ،چاپ دوم انتشارات واژگان خرد

۵. محسنی، ا. استفاده از اتانول به عنوان منبع برای کربن باکتری های هتروتوروف جهت حذف نیترات از آب آشامیدنی.مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران،شماره ۱۸، ۱۳۷۷،ص ۷-۱

۶. دیانتی، ر، ع. بررسی جذب نیترات از محیط های آبی به وسیله گیاه آزولا. کتاب مقالات نهمین همایش ملی بهداشت محیط ۱۳۸۵، ص ۵

۷. یوسفی، ذ. بررسی وضع آلودگی و خودپالایی رودخانه چشمه کیله شهرستان تنکابن. کتاب مقالات

8.Horan NJ. Biological wastewater treatment systems. John Wiley & Sons,1996
9.Rittmann BE, and Huck PM. Biological treatment of public water supplies. Critical Reviews Envioro Control.1989:119-126
10. Gregory D. Jennings and Ronald E. Sneed. (march 1996) Nitrate in Drinking Water. Last Electronic Revivion: (JWM). AG 473-4
11.American Public Health Association (APHA) Standard Methods of water and wastewater 13th .ed. Washington.D.C.1992
12.Leng,R.A;J.H Stambolie and R Bell(1995). Duckweed-a Potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. Livestock research for Rural Development (7)(1).
13. WAFAA ABOU EL-KHEIR1, GAHIZA ISMAIL, FARID ABOU EL-NOUR, TAREK TAWFIK AND DOAA HAMMAD(2007) Assessment of the Efficiency of Duckweed (Lemna gibba) in Wastewater Treatment. Int. J. Agri. Biol., Vol. 9, No. 5, 2007
14. Zimmo, O., 2003. Nitrogen transformations and removal mechanisms in algal and duckweed waste stabilization ponds. *Ph.D Thesis*, International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, the Netherlands