نشریه شمـاره ۱۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۱۰۷ تا ۱۱۸

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

مقایسهٔ قابلیت گیاه پالایی دو گونهٔ عرعر (آسمان‌دار) و زبان گنجشک در حذف نیترات و فسفات آب

سیما شافعی اسفدن[۱*]، سید حمید متین‌خواه[۲]

۱. کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
* نویسنده مسئول sima.shafei@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۰

چکیده

آلودگی‌های محیط زیست به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های جوامع بشری است. نیترات و فسفات دو آلایندهٔ مهم‌اند که توسط کودهای شیمیایی ایجاد و سبب آلودگی محیط، از جمله منابع آب، می‌شوند. روش‌های مختلفی برای پالایش آلودگی‌های محیط زیست وجود دارد اما با توجه به حساس و شکننده‌بودن اکوسیستم‌های بیابانی، فرآیند گیاه‌پالایی روشی مناسب برای پالایش آلودگی ناشی از سیستم‌های کشاورزی است. پژوهش حاضر برای بررسی قابلیت گیاه‌پالایی نیترات و فسفات آب با استفاده از گونه‌های عرعر (آسمان‌دار) Ailanthus altissima Mill و زبان گنجشک .Fraxinus excelsior L به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. بدین منظور درمجموع تعداد ۹۶ نهال از دو گونهٔ یادشده در اسفندماه سال ۱۳۹۳ در اراضی دانشگاه صنعتی اصفهان مستقر شد. در این مطالعه از سطوح مختلف ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر فسفات و ۵، ۱۰و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات برای هر گونه و همچنین نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه با سه تکرار استفاده شد. گونه‌ها به صورت سه تکرار با غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر فسفات و نیترات کاشته شدند. سپس مقدار حذف آلایندهٔ نیترات و فسفات اندازه‌گیری شد و تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت. نتایج نشان داد که مقدار حذف نیترات در هفتهٔ اول در سه غلظت ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در گونهٔ عرعر به‌مقدار ۷۴/۵۳، ۷۵/۲۳ و۷۹/۹۵ درصد و در گونهٔ زبان گنجشک ۷۹/۰۴، ۸۰/۶۵ و ۸۳/۹۷ درصد بود. همچنین مقدار حذف فسفات در هفتهٔ اول در غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در گونهٔ عرعر به‌مقدار ۷۴/۱۰، ۷۷/۱۸ و ۸۲/۸۱ درصد و در گونهٔ زبان گنجشک به‌مقدار ۷۴/۱۶، ۷۹/۸۷ و ۸۳/۵۶ درصد بود. نتایج تحلیل واریانس نشان داد بین دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک به‌لحاظ مقدار قابلیت گیاه‌پالایی آن‌ها در حذف نیترات و فسفات با اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

واژگان کلیدی: آلاینده‌های کشاورزی؛ آلودگی؛ بیابان‌زایی؛ زه‌آب زراعی؛ گیاهان چوبی

■ مقدمه

بحران‌های زیستی به شکل بیابان‌زایی در اثر اشکال مختلفی از تخریب‌های منابع طبیعی در دوره‌های اخیر روند تشدیدشونده‌ای دارد و منجر به از بین‌رفتن استعداد-ها و کیفیت‌های طبیعی شده است. براساس تعریف کنوانسیون بیابان‌زایی، به تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب در اثر عواملی مانند عوامل انسانی و عوامل طبیعی بیابان‌زایی می‌گویند. به‌عبارت دیگر هرجا عوامل پایهٔ محیطی، شامل آب، خاک و پوشش گیاهی، دچار تزلزل و تخریب گردد، آنجا بیابان-زایی اتفاق افتاده است (۲۷). امروزه یکی از اقدامات گسترده در طبیعت به‌شکل توسعهٔ اراضی کشاورزی به-ویژه در مجاورت آبراهه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که منجر به آلودگی آب‌ها می‌شود. آلودگی‌های محیط زیست، از جمله آلودگی آب، به‌عنوان یکی از معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی، شناخته شده است. نیترات و فسفات نیز از جمله دو آلایندهٔ مهم‌اند که به-وسیلهٔ کودهای شیمیایی ایجاد و سبب آلودگی محیط، از جمله منابع آب، می‌شوند و اثرات مضری بر سلامت انسان دارند (۶). روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی به‌منظور پاکسازی محیط زیست از انواع آلاینده‌ها، ابداع و به‌کار گرفته شده است (۳۰). با توجه به هزینه‌های گزافِ آن‌ها تلاش زیادی برای دستیابی به روش‌های ارزان‌تر صورت گرفته است (۲۶). سپرهای ساحلی[1] از عناصر اساسی حوزهٔ آبخیز محسوب می‌شوند که در آن سعی می‌شود با اضافه‌کردن مولفهٔ مرهم‌بخش گیاه‌پالایی[2] چوبی به سیستم‌های شکننده بر پایداری آن‌ها بیفزایند. این عملیات بیشه زراعی با فرایند گیاه‌پالایی به جذب یا حذف آلاینده‌ها از اکوسیستم‌های دستکاری‌شده می‌پردازد.

گیاه‌پالایی، یکی از جدیدترین فناوری‌های محیط زیست برای پالایش آلاینده‌هاست (۳۱-۲۵). قابلیت گیاه‌پالایی گونه‌های مختلف در حذف نیترات و فسفات توسط پژوهشگران متعدد مطالعه شده است. برای بررسی ارتباط با سایر پژوهش‌ها به برخی ازآن‌ها اشاره می‌شود: در مطالعه‌ای قابلیت گیاه‌پالایی گیاه نی در حذف نیتروژن و فسفر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کاهش نیتروژن و فسفر کل را به‌ترتیب به‌مقدار ۸۵ و ۹۵ درصد نشان داد (۳). همچنین در پژوهشی پتانسیل گیاه‌پالایی دو گونهٔ *Eichornia crassipes* Mart. و *Lolium perenne* L. در حذف آلودگی‌های رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار نیتروژن آمونیاکی و فسفر کل رودخانهٔ مورد بررسی به‌ترتیب ۴۸/۶٪ و ۶۳/۳٪ کاهش یافت. بنابراین استفاده از این دو گونه راه موثری برای حذف آلاینده از رودخانه‌های آلوده است (۲۸). همچنین مطالعه‌ای با هدف یافتن گونه‌ای مناسب برای کاهش آلاینده‌های نیترات و فسفات و کاهش سیانو باکتری‌ها با استفاده از دو گونهٔ *Equisetum ramosissium* Desf. و *Typha angustifolia* L. و ترکیبی از این دو گونه صورت گرفت. نتایج نشان‌دهندهٔ این بود که غلظت نیترات و فسفات طی ۶ روز بیش از ۷۰ درصد کاهش یافت (۲۹). به‌منظور بررسی مقدار حذف عناصر غذایی مطالعه‌ای روی سه گونهٔ *Scenedesmus obliquus*، *Chlorella vulgaris* و *Chlorella kessleri* انجام شد. نتایج نشان داد مقدار حذف فسفر و نیتروژن در همهٔ آزمایش‌ها به‌ترتیب بیشتر از ۹۸ و ۹۰ درصد بود (۲). در مطالعه‌ای قابلیت گیاه‌پالایی گونهٔ *Canna x generalis* L. در حذف فسفات و نیترات بررسی شد. نتایج نشان داد که گونهٔ یادشده آلودگی را ۲۰ تا ۳۰ واحد کاهش می‌دهد. مقدار میانگین غلظت نیترات و فسفات در پایان دورهٔ آزمایش به‌ترتیب ۵۱/۹ و ۸/۹ درصد کاهش یافت. این مطالعه نشان می‌دهد که این گیاه در حذف آلایندهٔ ازت، فسفر نسبتاً موثر بوده است (۱۹). همچنین در رابطه با جذب نیترات مطالعه‌ای صورت گرفت. نتایج نشان داد که تجمع مقدار زیاد نیتروژن، به‌ویژه در برگ‌های جوان درختان صنوبر تراریخته‌شده، بیانگر این است که این گونه قابلیت انتقال مواد به اندام‌های هوایی گیاه را دارد؛ لذا منبع مهمی برای گیاه‌پالایی نیترات محسوب می‌شود (۷).

با توجه به اینکه مناطق بیابانی تحت تأثیر مدیریت ضعیفی قرار دارند، فرایند تخریب در آن‌ها به‌سرعت رخ می‌دهد. این فرایند می‌تواند روی هر کدام از انواع اکوسیستم‌ها از جمله اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی

[1] Buffer zones
[2] Phytoremediation

اتفاق بیفتد. در نتیجه به‌منظور جلوگیری از توزیع آلودگی‌های غیرنقطه‌ای پژوهشی صورت گرفت که در آن به شبیه‌سازی و بررسی اثر گیاه‌پالایی گیاهان پایای چوبی در کاهش مهم‌ترین آلودگی‌های کشاورزی (نیترات و فسفات) پرداخته شد. از طرفی با توجه به اینکه طی سال‌های اخیر جنگل‌کاری‌های گسترده‌ای با استفاده از دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک در سطح کشور صورت گرفته است، لزوم بررسی توان حذف آلودگی به‌وسیلهٔ آن‌ها ضروری است و می‌تواند در اتخاذ سیاست‌های مدیریتی سازمان‌هایی همچون شهرداری‌ها و سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری مؤثر واقع شود. لیکن پژوهش حاضر با هدف ارزیابی قابلیت گونه‌های چوبی ذکرشده در کاهش آلودگی نیترات و فسفات زه‌آب زراعی انجام شده است.

■ مواد و روش‌ها

مطالعهٔ حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۳ تکرار به اجرا درآمد که تکرارها به‌عنوان بلوک هستند. فاکتور اول شامل دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک و شاهد خاک بدون گیاه و فاکتور دوم غلظت‌های مختلف آلاینده ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌عنوان تیمار در نظر گرفته شدند. لازم به یادآوری است که در پژوهش حاضر به‌دلیل ناچیزبودن مقدار نیترات و فسفات اولیهٔ خاک از درنظرگرفتن آن صرف‌نظر شد. برای مقایسهٔ گونه‌های مورد بررسی در ابتدا باید گونه‌های یادشده در زمین کشت شوند. در اینجا زمین مادهٔ آزمایشی است. بنابراین برای بررسی و مقایسهٔ قابلیت گیاه‌پالایی نیترات و فسفات آب با استفاده از گونه‌های درختی عرعر و زبان گنجشک تعداد ۳۶ کانال لوله‌ای‌شکل با شیب ۳۰ درصد در اراضی دانشگاه صنعتی اصفهان در کنار گلخانهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی حفر شد. سپس لوله‌هایی از جنس پولیکا با قطر ۱۵ سانتی‌متر و طول ۳ متر در داخل هر کانال قرار گرفت. همچنین ورقه‌های پلاستیکی روی هر لولهٔ پولیکا به‌صورتی قرار گرفت که هیچ‌گونه هدررفت آب وجود نداشته باشد. سپس درمجموع تعداد ۹۶ نهال آماده برای انتقال به زمین اصلی، از دو گونهٔ مذکور از نهالستان تهیه شد. درختان انتخاب‌شده دو ساله و از یک طبقهٔ قطری بودند. گونه‌های یادشده در ۲۴ کانال لوله‌ای‌شکل کاشته شدند. خاک هر کانال حاوی ظرفیت تبادل کاتیونی[1] معادل ۱۸/۶ سانتی‌مول بر کیلوگرم، pH ۷/۹، درصد کربن آلی ۱/۷۸ درصد بود. همچنین مقدار فسفات و نیترات اولیهٔ خاک به‌ترتیب معادل ۰/۰۹ و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد (۱۲). لازم به ذکر است که از مجموع ۳۶ کانال لوله‌ای‌شکل، ۱۲ کانال خاک فاقد گیاه به‌عنوان نمونهٔ شاهد در نظر گرفته شد. گونه‌ها در تاریخ ۲۵ اسفند سال ۹۳ در کانال‌ها کاشته شدند. حدود بیست روز بعد از استقرار گونه‌ها به‌منظور جمع‌آوری آب آلوده، بطری‌های پلاستیکی ۱/۵ لیتری در انتهای هر کانال قرار گرفت (شکل ۱).

شکل۱. نمایی از مراحل کاشت گونه‌ها

[1] Cations Exchange Capacity

سپس محلول‌های نیترات و فسفات در سه غلظت ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در آزمایشگاه تهیه شد. برای تهیهٔ محلول‌های آلایندهٔ نیترات و فسفات به‌ترتیب از دو مادهٔ شیمیایی نیترات پتاسیم KNO_3 و مونوسدیم فسفات NaH_2PO_4 استفاده شد. با درنظرگرفتن جرم مولکولی نیترات پتاسیم ۱۰۱/۱۰۳۲ گرم بر مول و $^-$نیترات ۶۲/۰۰۴۹ گرم بر مول و مونوسدیم فسفات ۱۱۹/۹۸ گرم برمول و فسفات ۹۴/۹۷۱۴ گرم بر مول مقدار نیترات پتاسیم و مونوسدیم فسفات مورد نیاز برای غلظت‌های مختلف آلایندهٔ نیترات و فسفات طبق جدول (۱) بدست آمد.

پس از اندازه‌گیری‌های فوق، برای تهیه محلول‌های با غلظت ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات و فسفات، مقادیر مورد نیاز مونوسدیم فسفات و پتاسیم نیترات هم‌زمان در یک لیتر آب حل شدند. محلول‌های آماده‌شده در حجم یک لیتر در تاریخ ۱۵ فروردین ۹۴ پس از گذراندن دورهٔ خواب نهال‌ها، که علائم بیداری گیاه به‌صورت پیدایش برگچه‌ها ظاهر شد، به کانال‌های دارای گونهٔ عرعر و زبان گنجشک و نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه اضافه شد. لازم به یادآوری است که این محلول‌ها فقط یک‌بار در طول دورهٔ آزمایش به خاک افزوده شدند. با توجه به نیاز روزانهٔ گیاه به آب، آبیاری سه‌بار در هفته صورت گرفت. در هربار آبیاری، سه لیتر آب به کانال‌ها اضافه شد. سپس هفته‌ای یک‌بار، آب آلودهٔ جمع‌آوری‌شده در بطری‌های پلاستیکی دوباره وارد سیستم شد. به‌منظور اندازه‌گیری مقدار نیترات و فسفات نمونه‌های زه‌آب و ارزیابی تأثیر گیاه‌پالایی در جذب آلاینده‌های مذکور، بطری‌های پلاستیکی حاوی زه‌آب، یک روز بعد از هربار آبیاری با آب آلوده به آزمایشگاه منتقل و مقدار نیترات و فسفات زه‌آب زراعی به روش اسپکتروفتومتری جذب فرابنفش اندازه‌گیری می‌شد (۲۲). پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. آنالیز آماری کلیهٔ داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخهٔ ۹,۲ انجام شد. قبل از آنالیز و تحلیل آماری داده‌ها، بررسی نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف_اسمیرنوف انجام شد.

■ نتایج

درصد حذف نیترات و فسفات دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک در غلظت‌های مختلف بررسی شد (جدول ۲). نتایج توصیفی نشان می‌دهد در هفتهٔ اول در هر دو گونهٔ *A. altissima* و *F. excelsior* با افزایش غلظت ۵، ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، درصد حذف نیترات و فسفات نیز افزایش یافته است.

جدول ۱. مقدار نیترات پتاسیم و مونوسدیم فسفات مورد نیاز برای تهیهٔ محلول با غلظت‌های مختلف آلاینده

آلاینده	محلول با غلظت‌های مختلف mg/L	مقدار مورد نیاز mg/L
نیترات پتاسیم	۵	۸/۱۵
	۱۰	۱۶/۳
	۵۰	۸۱/۵
مونوسدیم فسفات	۵	۶/۳
	۱۰	۱۲/۶
	۵۰	۶۳

جدول ۲. میانگین درصد حذف نیترات و فسفات در غلظت‌های مورد بررسی در گونه‌های عرعر و زبان گنجشک

آلاینده	گونه	غلظت	میانگین درصد حذف آلاینده در سه تکرار				
			هفتهٔ اول	هفتهٔ دوم	هفتهٔ سوم	کل حذف	آلایندهٔ باقی‌مانده
نیترات	عرعر	۵	۷۴/۵۳	۵/۶۳	۴/۸	۸۴/۹۶	۱۵/۰۴
		۱۰	۷۵/۲۳	۳/۸۳	۱/۶	۸۰/۶۶	۱۹/۳۴
		۵۰	۷۹/۹۵	۳/۱۱	۱/۷۳	۸۴,۷۹	۱۵/۲۱
	زبان گنجشک	۵	۷۹/۰۴	۵/۱۹	۴/۷۸	۸۹/۰۱	۱۰/۹۹
		۱۰	۸۰/۶۵	۴/۴۱	۰/۹۳	۸۵/۹۹	۱۴/۰۱
		۵۰	۸۳/۹۷	۱/۴۱	۰/۹۵	۸۶/۳۳	۱۳/۶۷
فسفات	عرعر	۵	۷۴/۱۰	۹/۴۳	۷/۶	۹۱/۱۳	۸/۸۷
		۱۰	۷۷/۱۸	۵/۵۸	۳/۹	۸۶/۶۶	۱۳/۳۴
		۵۰	۸۲/۸۱	۲/۰۴	۱/۸۵	۸۶/۷	۱۳/۳
	زبان گنجشک	۵	۷۴/۱۶	۹/۵۵	۶/۳۳	۹۰/۰۴	۹/۹۶
		۱۰	۷۹/۸۷	۳/۱۲	۲/۱۶	۸۵/۱۵	۱۴/۸۵
		۵۰	۸۳/۵۶	۱/۱۰	۰/۹۳	۸۵/۵۹	۱۴/۴۱

برای مقایسهٔ قابلیت گیاه‌پالایی دو گونهٔ مذکور در حذف نیترات با غلظت‌های مختلف از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد بین دو گونهٔ یادشده، از لحاظ مقدار قابلیت گیاه‌پالایی آن‌ها در حذف نیترات، با اطمینان ۹۹٪ تفاوت معنی‌دار وجود دارد. سطح معنی‌دار مشاهده‌شده کمتر از ۰/۰۱ است.

همچنین نتایج نشان داد اثر ترکیبی گونه و غلظت از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است. به‌عبارتی بین قابلیت گیاه‌پالایی دو گونه و شاهد در حذف نیترات با دخالت-دادن اثر غلظت‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس برای مقایسهٔ قابلیت گیاه‌پالایی دوگونهٔ عرعر و زبان گنجشک و شاهد خاک بدون گیاه در حذف فسفات و نیترات طی سه هفته با غلظت‌های مختلف آلاینده

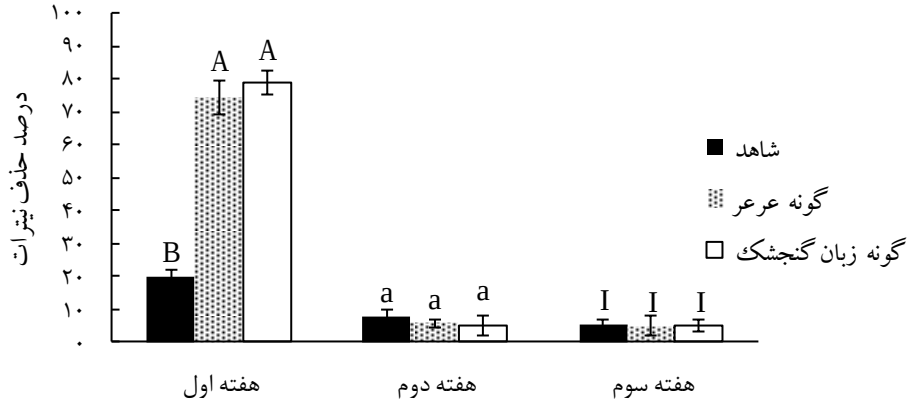
منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات					
		نیترات هفتهٔ اول	نیترات هفتهٔ دوم	نیترات هفتهٔ سوم	فسفات هفتهٔ اول	فسفات هفتهٔ دوم	فسفات هفتهٔ سوم
بلوک	۲	۱/۷۷ ns	۱/۲۵ ns	۱/۰۶ ns	۱/۱۵ ns	۰/۳۰ ns	۰/۲۵ ns
گونه	۲	۲۸۷/۷۰ **	۲۴۷/۰۰ **	۲۶۰/۳۱ **	۳۲۱/۹۰ **	۲۸۵/۸۷**	۲۶۸/۹۴ **
غلظت آلاینده	۲	۱۱۳۹۶/۹۶ **	۱۱۹۱/۸۴ **	۱۰۲۰/۷۲ **	۱۲۹۲/۲۷ **	۱۱۰۲/۰۳ **	۹۶۹/۳۴ **
گونه*غلظت الاینده	۴	۱۴۱/۳۹ ns	۱۱۳/۹۴ ns	۱۱۶/۸۸ ns	۱۶۰/۳۶ ns	۱۲۸/۷۹ ns	۱۰۳/۵۵ ns
خطا	۱۶	۱/۰۰۴	۰/۷۶	۱/۱۵	۰/۷۰	۰/۲۹	۰/۳۶

ns و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

علاوه بر این، نتایج نشان داد بیشترین درصد حذف نیترات در هر سه تیمار مربوط به هفتهٔ اول بود و مقدار حذف نیترات در هر سه تیمار در هفتهٔ دوم و سوم روند نزولی داشت که به‌ترتیب در شکل (۲)، (۳) و (۴) نشان داده شده است. همچنین بیشترین درصد حذف نیترات در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر در هفتهٔ اول به‌ترتیب مربوط به گونهٔ زبان گنجشک با مقدار حذف ۷۹/۰۴٪، گونهٔ عرعر با مقدار حذف ۷۴/۵۳٪ و نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه با مقدار حذف ۱۹/۷۲٪ بود (شکل ۲).

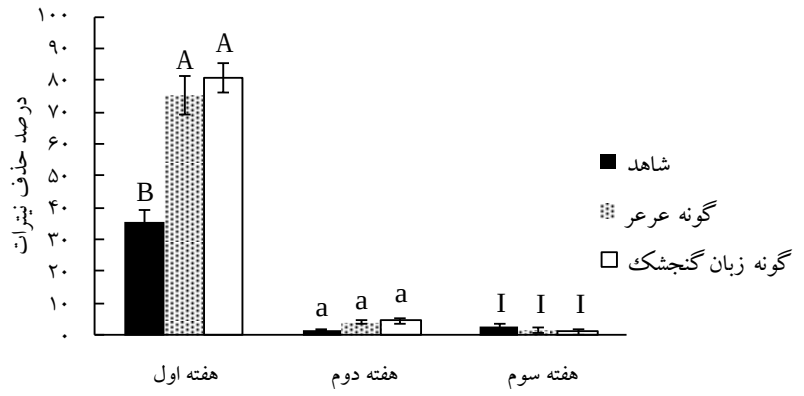
علاوه بر این بیشترین درصد حذف نیترات در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در هفتهٔ اول رخ داده است که به‌ترتیب مربوط به گونهٔ زبان گنجشک با مقدار حذف ۸۰/۶۵٪، گونهٔ عرعر با مقدار حذف ۷۵/۲۳٪ و نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه با مقدار حذف ۳۵/۳۳٪ بود (شکل ۳).

همچنین بیشترین درصد حذف نیترات در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در هر سه تیمار مربوط به هفتهٔ اول به‌ترتیب مربوط به گونهٔ زبان گنجشک با مقدار حذف ۸۳/۹۷٪، گونهٔ عرعر با مقدار حذف ۷۹/۹۵٪ و نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه با مقدار حذف ۳۸٪ بود (شکل ۴).

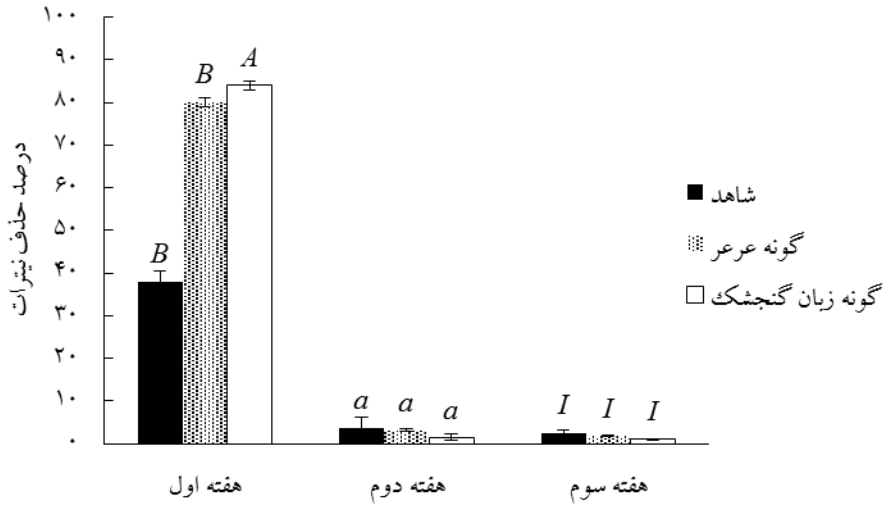


شکل ۲. درصد حذف نیترات سه تیمار در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر نیترات

حروف مشترک بزرگ، کوچک و یونانی در هر هفته معرف عدم وجود اختلاف معنی‌دار $p \leq 0.01$ است.



شکل۳. درصد حذف نیترات سه تیمار در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات

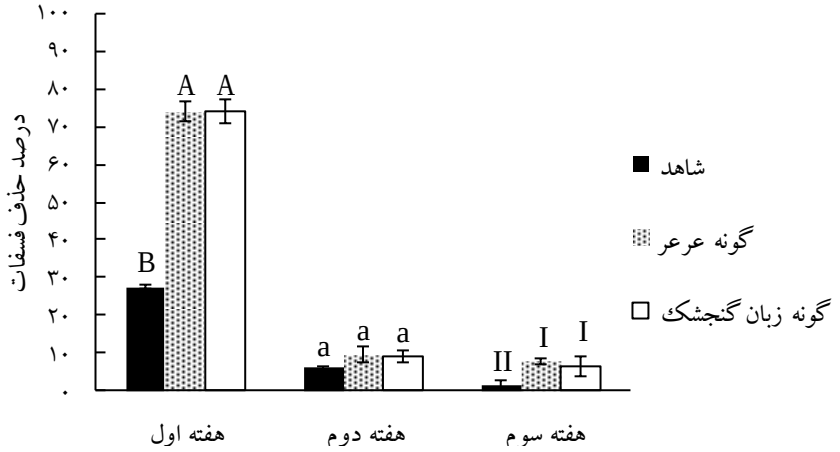


شکل ۴. درصد حذف نیترات سه تیمار در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات

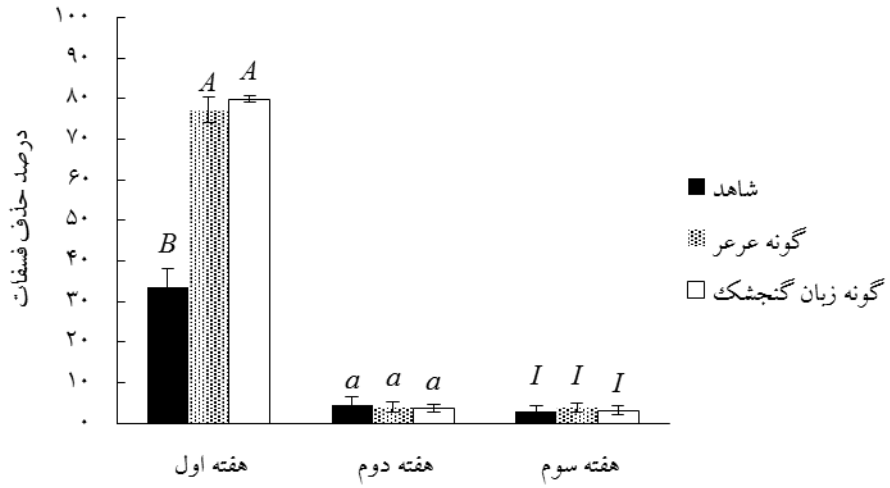
برای مقایسهٔ قابلیت گیاه‌پالایی دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک و شاهد در حذف فسفات با غلظت‌های مختلف از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد بین نمونهٔ گونه‌های عرعر و زبان گنجشک و شاهد، خاک بدون گیاه از لحاظ مقدار حذف فسفات با اطمینان ۹۹٪ تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ سطح معنی‌داری مشاهده‌شده کمتر از ۰/۰۱ است. اما اثر ترکیبی گونه و غلظت از لحاظ آماری معنی‌دار نشد. به‌عبارتی بین قابلیت گیاه‌پالایی دو گونه و شاهد در حذف فسفات با دخالت‌دادن اثر غلظت‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج نشان داد حداکثر درصد حذف فسفات در هر سه تیمار مربوط به هفتهٔ اول و مقدار حذف فسفات در هر سه تیمار در هفتهٔ دوم و سوم دارای روند نزولی بوده که به‌ترتیب در شکل (۵)، (۶) و (۷) نشان داده شده است. همچنین بیشترین درصد حذف فسفات در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر در هفتهٔ اول، مربوط به گونهٔ زبان گنجشک با مقدار حذف ۷۴/۱۶٪، گونهٔ عرعر با مقدار حذف ۷۴/۱۰٪ و نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه با مقدار حذف ۲۷/۵۴٪ بود (شکل ۵).

علاوه بر این بیشترین مقدار حذف فسفات در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به گونهٔ زبان گنجشک با مقدار حذف ۷۹/۸۷٪،گونهٔ عرعر با مقدار حذف ۷۷/۱۸٪و نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه با مقدار حذف ۳۳/۳۵٪ بود (شکل ۶).

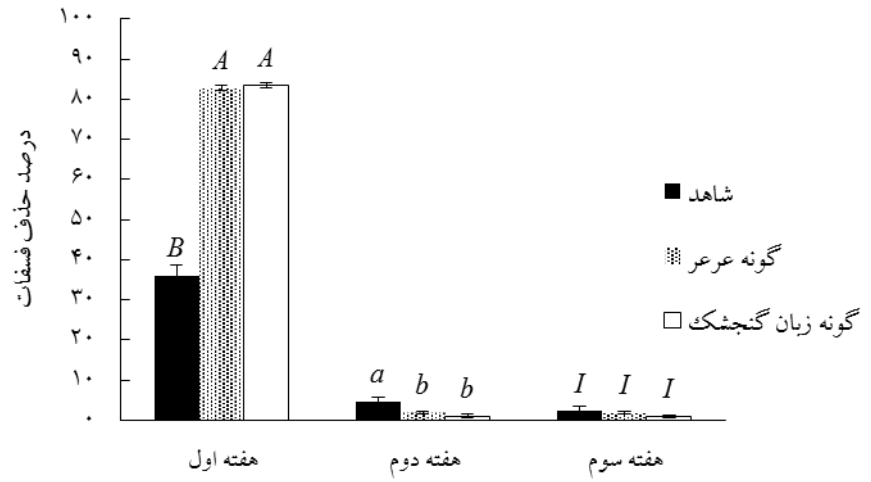
همچنین گونهٔ زبان گنجشک بیشترین درصد حذف فسفات را در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به مقدار حذف ۸۳/۵۶٪، گونهٔ عرعر با مقدار حذف ۸۲/۸۱٪ و نمونهٔ شاهد خاک بدون گیاه با مقدار حذف ۳۶/۰۸٪ نشان دادند (شکل ۷).



شکل ۵. درصد حذف فسفات سه تیمار در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر فسفات



شکل ۶. درصد حذف فسفات سه تیمار در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر فسفات



شکل ۷. درصد حذف فسفات سه تیمار در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر فسفات

به‌طورکلی نتایج فوق نشان می‌دهد در تیمارهایی که درخت عرعر و زبان گنجشک کاشته شدند، اختلاف معنی‌داری با خاک شاهد بدون گیاه در حذف نیترات و فسفات وجود دارد. به‌عبارت دیگر حضور این درختان در محیط‌های آلوده منجر به حذف این آلاینده‌ها می‌شود و به این طریق از آلودگی محیط کاسته می‌شود. درخصوص قابلیت گیاه‌پالایی دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک در حذف نیترات و فسفات به‌وضوح، محدودیت پژوهش‌های انجام‌شده در مقالات علمی معتبر دیده می‌شود، ولی سایر مطالعات به‌طور مشخص بر قابلیت گیاه‌پالایی گونهٔ عرعر و زبان گنجشک در حذف فلزات سنگین تاکید کرده‌اند که با نتایج مطالعات خواجه‌ای و همکاران (۱۳۸۹) و شعبانیان و چراغی (۱۳۹۲) و Gatti (۲۰۰۸) و Ranieri و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد (۱۵،۲۳، ۱۱، ۲۰).

همچنین با افزایش غلظت نیترات و فسفات، افزایش مقدار حذف آلاینده‌ها مشاهده شد که بیانگر مقاومت زیاد این دو گونه نسبت به غلظت‌های زیاد نیترات و فسفات است. بررسی‌های انجام‌شده توسط فلاحی و همکاران (۱۳۹۱) و احمدپور و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان داد با افزایش غلظت آلایندهٔ نیترات و فسفات، مقدار حذف توسط گیاهان افزایش می‌یابد (۱۰،۱) که در تایید نتیجهٔ مطالعهٔ حاضر است. همچنین با توجه به نتایج حاصل، اختلاف مقادیر حذف نیترات و فسفات در هفته‌های اول و دوم و سوم متفاوت بود.؛ بیشینه مقدار حذف آلاینده در دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک در هفتهٔ اول رخ داد و مقدار حذف نیترات و فسفات در هفته‌های دوم و سوم روند نزولی داشت. به احتمال دلیل این امر، مقدار نیاز گونه‌ها به نیترات و فسفات بوده است به‌طوری‌که

بیشترین مقدار نیاز در هفتهٔ اول بود و در هفته‌های بعد مقدار نیاز گیاه کاهش یافته است. مطالعات انجام‌شده توسط رضامند و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان داد عملیات حذف به‌وسیلهٔ گیاه در دو مرحلهٔ سریع و آهسته صورت می‌گیرد؛ در مرحلهٔ اول به‌دلیلاینکه بیشتر قسمت‌های گیاه خالی است، حذف به‌سرعت انجام می‌شود ولی با گذشت زمان و پُرشدن تدریجی آن‌ها عمل جذب کندتر و فرایند حذف به‌آرامی اتفاق می‌افتد (۲۱) که با نتایج مطالعهٔ حاضر همخوانی دارد. بررسی‌ها نشان داده است که قابلیت و توانایی انباشت فلزات سنگین در گونه‌های گیاهی مختلف می‌تواند متفاوت باشد به‌طوری‌که برخی گونه‌های گیاهی تا حد زیادی می‌توانند فلزات سنگین را از محیط جذب کنند، بدون اینکه خودشان دچار آسیب جدی شوند. درحالی‌که برخی گونه‌های گیاهی توانایی جذب کم‌تری دارند که این پدیده احتمالاً به صفات فیزیولوژیک گونه‌ها مربوط است (۵). همچنین در فرایند گیاه‌پالایی، فاکتور انتقال در نسبت انتقال عناصر از اندام زیرزمینی به اندام هوایی بسیار مهم و ضروری است (۱۶). هرچند در این تحقیق فاکتور وضعیت انتقال مورد بررسی قرار نگرفت اما به نظر می‌رسد این عامل نیز نقش مهمی در ایجاد تفاوت حذف نیترات و فسفات دو گونه داشته باشد. با توجه به اینکه گونهٔ عرعر و زبان گنجشک، به‌دلیل دارابودن سیستم ریشه‌ای گسترده، بیشتر فلزات سنگین را در ریشه‌هایشان حفظ می‌کنند (۹) به نظر می‌رسد وجود این ریشه‌ها نقش نوعی فیلتر را برای حذف مواد آلی ایفا می‌کند. از طرفی با توجه به اینکه سطح برگ درختان بعد از ریشه‌ها بیشترین منطقه‌ای است که انباشت ذرات فلزات سنگین را در خود جای می‌دهد (۱۷)، می‌توان گفت برگ دو گونهٔ یادشده نیز نقش مهمی در حذف آلایندهٔ نیترات و فسفات داشته است. در رابطه با سازوکارحذف نیترات و فسفات این دو گونه نیز می‌توان گفت در این مطالعه سازوکار گیاه استخراجی[1] در استخراج آلاینده‌ها به‌وسیلهٔ ریشه و انتقال به اندام هوایی غالب بوده است (۱۴). بدین‌صورت‌که گیاهان‌ها نیترات را از خاک جذب، سپس نیترات جذب‌شده را به‌صورت آمونیوم درمی‌آورند احیای نیترات به آمونیوم در گیاهان نیاز به انرژی دارد که این انرژی به‌وسیلهٔ فتوسنتز تأمین می‌شود (۱۳). این در حالی است که فسفات را پس از جذب به‌شکل اکسیدشدهٔ خود یعنی ارتوفسفات در می‌آورند (۲۴). همچنین با توجه به اینکه خاک دارای قدرت خودپالایی است و به‌عنوان پالایندهٔ طبیعت محسوب می‌شود (۴)، بنابراین تیمار شاهد خاک بدون گیاه در حذف آلاینده‌های نیترات و فسفات نقش داشته است که در تطابق با نتایج مطالعات Choi و همکاران (۲۰۰۹) و مرزبان و همکاران (۱۳۸۹) است (۸، ۱۸).

■ بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه اکوسیستم‌های بیابانی حساس و شکننده‌اند و در مقابل کوچک‌ترین تغییرات محیطی واکنش نشان می‌دهند بنابراین انتخاب گونه‌های مناسب برای گیاه‌پالایی می‌تواند راهکار مناسبی برای جلوگیری از روند بیابان‌زایی در عرصه‌های طبیعی باشد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که دو گونهٔ عرعر و زبان گنجشک از پتانسیل بالایی در برداشت نیترات و فسفات برخوردارند. به‌طوری‌که با افزایش غلظت نیترات و فسفات، افزایش مقدار حذف آلاینده توسط دو گونه مشاهده شد. در پایان این نتیجهٔ کلی قابل تصور است که استفاده از گونه‌های مذکور، روشی مناسب برای حذف آلاینده‌های نیترات و فسفات محسوب می‌شود که علاوه بر هزینهٔ کم، با فناوری ساده در اصلاح و بهبود محیط زیست نقش مؤثری دارند.

■ References

1. Ahmadpoor, Z., Khoramivafa, M., & Jalali Honarmand, S., Cheghamirza, K., Khan Ahmadi, M. (2016). The Ability of Watercress (*Nasturtium officinale*) and Pennyroyal (*Mentha pulegium*) in Clean up Excess Nitrate and Phosphate of Water. *water and soil*, 4, 765-775 (In Farsi).

2. Arbib, Z., Ruiz, J., & Alvarez-Diaz, P., Garrido-Perez, C., Perales, J. A. (2014). Capability of different microalgae species for phytoremediation processes: Wastewater tertiary treatment, CO2 bio-fixation and low cost biofuels production. *Water research*, 49, 465-474.

[1] Phytoextraction

3. Baskar, G., Deeptha, V. T., & Rahaman, A. A. (2009). Root zone technology for campus wastewater treatment. *Environmental Research and Development*, 3(3), 695- 705.

4. Bor, M., Yousefi Kebria, D. (2012). Soil contaminants and Remediation Techniques. *First National Conference on Civil and Development*, 8, 1-8 (In Farsi).

5. Burkent, J., Vroblesky, D., & Balouet, J. C. (2011). Phytoforensics, Dendrochemistry, and Phytoscreening: New Green Tools for Delineating Contaminants from Past and Present. *Environment International*, 45, 6218–6226.

6. Carpenter, S. R., Caraco, N. F., & Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., Smith, V. H. (1998). Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications*, 8, 559-568.

7. Castro-Rodriguez, V., Garcia-Gutierrez, A., & Canales, J., Canas, R. A., Kirby, E. G., Avila, C., Canovas, F. M. (2016). Poplar trees for phytoremediation of high levels of nitrate and applications in bioenergy. *Plant biotechnology*, 14, 299-312.

8. Choi, J. H., Maruthamuthu, S., & Lee, H. G., Ha, T. H., Bae, J. H. (2009). Nitrate removal by electro-bioremediation technology in Korean soil. *Hazardous materials*, 168, 1208-1216.

9. Cudic, V., Stojiljkovic, D., & Jovovic, A. (2016). Phytoremediation potential of wild plants growing on soil contaminated with heavy metals. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 67(3), 229-239.

10. Fallahi, F., Ayati, B., & Ganjidoust, H. (2013). lab scale study of nitrate removal by phytoremediation. *Water & Wastewater*, 81, 1-9 (In Farsi).

11. Gatti, E. (2008). Micropropagation of *Ailanthus altissima* and in vitro heavy metal tolerance. *Biologia Plantarum,* 52(1), 146-148.

12. Hesse, P. R. (1971). A textbook of soil chemical analysis. London :Chemical Pub .

13. Holtan-Hartwig, L., Bockman, O. C. (1994). Ammonia exchange between crops and air. *Agricultural Sciences*, 14, 5-40.

14. Jadia, C. D., Fulekar, M. (2009). Phytoremediation of heavy metals: recent techniques. *Biotechnology*, 6(8), 921-928.

15. Khajei, N., Shirvany, A., & Makhdoum, M., Khoshnevis, M., Rouhi, M. (2011). Cadmium Phytoremediation in Different Organs of *Fraxinus rotundifolia* Mill. and *Robinia pseudoacacia* L. *13th National Congress on Environmental Health*, 11-13 (In Farsi).

16. Lester, J., Muchuweti, N., & Muchuweti, M., Birkett, J. W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M. D. (2006). Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112, 41-48.

17. Majdi, H., Persson, H. (1989). Effects of road traffic pollutants (Lead and cadmium) on tree fine root along a motor road. *Plant and Soil*, 1, 1-5.

18. Marzban, A., Ebrahimipour, Gh. & Karkhaneh, M., Fakhari, J., Mohseni, S., Alaee, H. (2010). Evaluation of phosphate uptake by the indigenous bacterium isolated from soil contaminated with coal tar under the aerobic and anaerobic conditions. *Microbiology and Biotechnology*, 5, 13-20 (In Farsi).

19. Ojoawo, S. O., Udayakumar, G., & Naik, P. (2015). Phytoremediation of phosphorus and nitrogen with *Canna x generalis* reeds in domestic wastewater through NMAMIT constructed wetland. *Aquatic Procedia*, 4, 349-356.

20. Ranieri, E., Fratino, U., & Petrella, A., Torretta, V., Rada, E. C. (2016). *Ailanthus altissima* and *Phragmites australis* for chromium removal from a contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 15983-15989.

21. Rezamand, Sh., Ayati, B., & Ganji Dost, H. (2016). Comparison of Phosphorus Removal Efficiency in Reed, *Bamboo* & Cyperus. *Civil Engineering of Modarres*, 15, 89-96 (In Farsi).

22. Rezvani Pour, H., Razavi Deynani, Z. (2015). Water and soil chemical analysis (health and environmental view) Isfahan: Isfahan University of Jihad (In Farsi).

23. Shanbanian, N., Cheraghi, Ch. (2014). Comparison of phytoremediation of heavy metals by woody species used in urban forestry of Sanandaj city. *Forest and Poplar Research*, 21, 154-165 (In Farsi).

24. Shen, J., Yuan, L., & Zhang, J., Li, H., Bai, Z., Chen, X., Zhang, W., Zhang, F. (2011). Phosphorus dynamics: from soil to plant. *American Society of Plant Biologists*, 156 (3), 997-1005.

25. Soman, A. K. (2015). The effect of nitrate enrichment of *Lemna minor* on the phytoremediation of copper. *South Carolina Junior Academy of Science*.

26. Susarla, S., Medina, V. F., & McCutcheon, S. C. (2002). Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination. *Ecological Engineering*, 18, 647-658.

27. United Nations Convention to Combat Desertification (1994).

28. Vidayanti, V., Retnaningdyah, C., & Soeharjono, S. (2012). The Capability of *Equisetum ramosissium* and *Typha angustifolia* as Phytoremediation Agents to Reduce Nitrate-Phosphate Pollutants and Prevent Microcystis Blooming in Fresh Water Ecosystem. *Tropical Life Science*, 2, 126-131.

29. Wang, H., Zhang, H., & Cai, G. (2011). An Application of Phytoremediation to River Pollution Remediation. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 1904-1907.

30. Xiang, W., Xiao-e, Y., & Rengel, Z. (2009). Phytoremediation facilitates removal of nitrogen and phosphorus from eutrophicated water and release from sediment. *Environmental monitoring and assessment*, 157, 277-285.

31. Ziarati, P., Alaedini, S. (2014). The Phytoremediation Technique for Cleaning up Contaminated Soil by *Amaranthus* sp. *Environmental & Analytical Toxicology*, 4(208), 2161-0525 (In Farsi).

No. 12, Autumn & Winter, 2019, pp 107-118

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Comparison of Phytoremediation Capacity of *Ailanthus altissima* Mill. and *Fraxinus excelsior* L. in Removal of Nitrate and Phosphate in Water

S. Shafei[1]*, S. H. Matinkhah[2]

1. MSc Student, Combating of Desertification, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

* Corresponding Author: sima.shafei@yahoo.com

Received date: 16/01/2018 **Accepted date: 11/07/2018**

Abstract

Environmental pollution as a desertification consequences, is one of the most important challenges in human societies. Nitrate and phosphate are two important pollutants, which are created from chemical fertilizer and cause water resources pollution. There are different techniques for remediation, but due to the sensitive and fragile propertise of deserts ecosystem, phytoremediation process is a natural remedy utilized by agricultural system. This study aims to assess the phytoremediation potential of Ailanthus altissima Mill. and Fraxinus excelsior L. for removal of Nitrate and phosphate in water by factorial experiment in randomized complete block design. Firstly, a total number of 96 trees from the two species were planted in Isfahan University of Technology. In the current study, three levels of phosphate (5-10-50 mg/L) and nitrate (5-10-50 mg/L) for each of the species were and a blank sample with three were considered replicates. Nitrate and phosphate pollutants were investigated in three densities of 5-10-50 mg/L in 3 replications. Afterwards, the level of nitrate and phosphate removal were measured. Results show that nitrate removal levels in 5, 10 and 50 mg/L concentrations in first week by A. altissima are 74.53, 75.23, and 79.95% and by F. excelsior are 79.04, 80.65, and 83.97%, respectively. Likewise, phosphate removal in 5, 10 and 50 mg/L concentrations by A. altissima are 74.10, 77.18, and 82.81% and by F. excelsior are 74.16, 79.87, and 83.56%, respectively. There is a significant difference between A. altissima and F. excelsior in removing nitrate and phosphate.

Keywords: Agricultural contaminants; Pollution; Desertification; Agricultural drainage water; Woody species