Archive of SID

بررسی ویژگی‌های زیستی خاک تالاب میقان اراک در جایگاه‌های پیوستن آب‌های درونریز

محبوبه صفری سنجانی*[۱]، علی اکبر صفری سنجانی[۲]، سید محمد بنی جمالی[۳]، مهرداد هادی پور[۴]، پژمان آزادی[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۱۹)

چکیده

پایش و نگهداری تالآب‌ها در سرزمین‌های خشک بسیار مهم است. هدف پژوهش کنونی ارزیابی پیامد آب‌های رها شده در تالاب میقان اراک بر ویژگی‌های زیستی خاک بود. برای این کار از دو لایه (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتر) خاک تالاب در چهار جایگاه رهاسازی پساب شهری اراک، رودخانه شهراب، رودخانه فراهان و پساب کارخانه فرآوری سولفات‌سدیم به تالاب میقان در اردیبهشت و آبان سال ۱۳۹۳ نمونه‌برداری شد. فراوانی ریزجانداران کشت شدنی در خاک و همچنین تنفس پایه و برانگیخته و شناسه‌های بوم شناختی بهره متابولیک و ضریب میکروبی خاک اندازه‌گیری شد. فراوانی باکتری، باکتری روده‌ای و اکتینومیست در خاک جایگاه رهایی پساب شهری و فراوانی قارچ در خاک جایگاه رهایی رودخانه فراهان به‌ویژه در لایه رویین و در بهار بیشترین بود و لگاریتم فراوانی آنها به‌ترتیب به ۶، ۵/۵۱، ۳/۹۲ و ۴/۸۵ در هرگرم رسید. پساب کارخانه فرآوری سولفات به اندازه‌ای پیامد بدی داشته‌است که فراوانی قارچ و اکتینومیست در خاک این جایگاه ناچیز بود (لگاریتم آن‌ها به ترتیب کمتر از ۱/۸۵ و ۲/۹۴ در هر گرم خاک بود). از ویژگی‌های زیستی بررسی شده، تنفس برانگیخته بیشترین دگرگونی را داشته و پاسخدهنده‌ترین بود. تنفس پایه و برانگیخته و ضریب میکروبی خاک تالاب در جایگاه رهاسازی پساب شهری در آن به اندازه چشم‌گیری بیشتر بود و به ترتیب ۰/۱۰۲، ۳/۶۸۸ ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ soil\ day^{-1}$) و ۰/۱۹۶ ($mg\ Cmic\ mg^{-1}\ Corg$) می‌رسید. در برابر آن بهره متابولیک در خاک جایگاه رهاسازی رودخانه شهراب و پساب کارخانه بالاترین بود (به ترتیب ۲/۶۰ و ۲/۵۲ ($mg\ C\text{-}CO_2\ g^{-1}\ Cmic\ h^{-1}$)) که نشان از تنش بالای ریزجانداران در این خاک‌های شور دارد. پیامد رهاسازی پساب کارخانه فرآوری سولفات بر ویژگی‌های زیستی خاک تالاب کویری میقان زیان‌بار و پیامد رهاسازی پساب شهری سودمند بود. رهاسازی پساب شهری می‌تواند مایه دگرگونی گوناگونی زیستی جانداران این تالاب شور و کویری شوند که نیاز به بررسی دارد.

واژه‌های کلیدی: بهره متابولیک، تنفس خاک، ریزجانداران کشت شدنی، ضریب میکروبی

صفری سنجانی م.، صفری سنجانی ع.ع.، جمالی م.ن.، هادی پور م.، آزادی پ. ۱۳۹۹. بررسی ویژگی‌های زیستی خاک تالاب میقان اراک در جایگاه‌های پیوستن آب‌های درونریز. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۱. صفحه: ۱۰۸-۱۲۰

۱-دانشجو سابق دکتری گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی همدان
۲-استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی همدان
۳-استادیار پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، محلات
۴-دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک
۵-استادیار پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، محلات
*پست الکترونیک: safari_1365@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تالاب با گذشت زمان به گونه طبیعی پدید می‌آید و پی آیی زیستی[1] جانداران در آن به پیش می‌رود. این بوم‌سازه (اکوسیستم) دارای گونه‌های جانوری و گیاهی ویژه خود است که با ویژگی‌های آن سازگار شده‌اند. امروزه با پیدایش دشواری‌های زیستی گوناگون و افزایش ریزگردها در سرزمین‌های خشک و نیمه خشک نگاه به این زمین‌ها دگرگون شده و انجمن جهانی ویژه‌ای برای پایش و نگهداری تالاب‌ها پدید آمده است (Hejazi *et al.*, 2015). تالاب میقان یکی از تالآب‌های کویری ایران در استان مرکزی است که در ۱۵ کیلومتری اپاختر خورآیی (شمال شرقی) اراک است. خاستگاه آب آن بارش‌های جوی، و آب سه رودخانه قره کهریز، فراهان و شهراب و نیز پساب پالایشگاه فاضلاب شهری اراک است (Ghahroudi *et al.*, 2012). افزون بر آنها پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم نیز در این تالاب کویری رها می‌شود. این تالاب بزرگترین اندوخته سولفات سدیم در کشور را دارد که شرکت نمک‌های کانی ایران پروانه برداشت از سولفات سدیم آن را گرفته است. به هر گونه این کارخانه بویژه پساب آن می‌تواند مایه آلودگی خاک دریاچه شود. آب و هوای تالاب میقان مدیترانه‌ای گرم و خشک با بارندگی سالانه ۳۵۴ میلی‌متر و تبخیر سالانه چهار برابر بارندگی سالانه (۱۴۴۶ میلی‌متر) است. نزدیکی آن به شهر اراک و بخار آب برخاسته از رویه تالاب مایه کاهش خشکی هوا، افزایش بخار و مه و کاهش جایجایی ریزگردهای شهر می‌شود. در این تالاب کویری ۱۶ خانواده گیاهی بوته‌ای، علفی، درختچه‌ای و درختی شناسایی و گزارش شده که از آنها می‌توان سیاه‌شور، اسفناج باغی، جگن، قره داغ، شور مرغ، گوریک و بتنه را نام برد (Akhani Sinegani, 1989). افزون بر آن با رها شدن پساب پالایش شده شهر اراک (به روش لجن کارا) به تالاب، شوری خاک در بخش جنوب خوروری (غربی) تالاب کاهش یافته که به گسترش و رشد بهتر گیاهان آبدوست و بویژه گیاه اویارسلام در این بخش تالاب انجامیده است. زندگی جانداران در تالاب‌های شور و خشک وابسته به شیوه سازگاری آنها به نمک‌ها و خشکی است. در چنین زیستگاه‌هایی، شور و سدیمی شدن پیامد ویژه‌ای بر فراوانی و گوناگونی زیستی ریزجانداران آن دارد. فراوانی و گوناگونی ریزجانداران نمک دوست و بردبار در برابر نمک‌ها در بوم‌سازه‌های شور بسیار گسترده و گروه پر شماری از جانداران درشت و ریز را در برمی‌گیرد (Rodriguez-Valera, 1988) که به چنین زیستگاه‌هایی زندگی می‌بخشند.

اگر چه زمین‌شناسی و آلودگی خاک و آب آن به فلزهای سنگین (Ghadimi, 2014)، پرندگان (Tohidifar *et al.*, 2009) و همچنین پوشش گیاهی این زیستگاه بخوبی بررسی و گزارش شده (Akhani Sinegani, 1989) ولی درباره پیامد شوری و آب‌های ورودی این تالاب بر ویژگی‌های زیستی خاک آن آگاهی چندانی در دست نیست. از بررسی‌های انجام گرفته در سرزمین‌های تالابی و پرشور ایران می‌توان بررسی گوناگونی زیستی ریزجانداران نمک دوست کشت شدنی بر کشتگاه[2]های جامد و ساختگی و همچنین ریزجانداران کشت نشدنی کنارهای خوروری دریاچه ارومیه (Mehrshad *et al.*, 2012) و نیز آنزیم‌های آبکافت کننده باکتری‌های نمک دوست این دریاچه (Amoozegar & Zahraei, 2007)، فراوانی و گوناگونی زیستی ریزجانداران دریاچه فصلی حوض سلطان (Rahban, 2008)، دریاچه نمک آران و بیدگل (Babavalian, 1989) و دریاچه بختگان نی‌ریز (Kafilzadeh *et al.*, 2007) یاد کرد. درباره ویژگی‌های زیستی خاک تالاب میقان پژوهشی یافت نشد. این پژوهش با هدف شناخت پیامد آب‌های درون ریز بویژه پساب شهری اراک و پساب کارخانه فرآوری سولفات بر ویژگی‌های زیستی خاک این تالاب انجام شد. برای روشن شدن این پیامدها افزون بر شمارش ریزجانداران کشت شدنی در کشتگاه جامد، برخی از شناسه زیستی مهم مانند تنفس پایه (BR[3])، تنفس برانگیخته شده با بستره (SIR[4])، و همچنین شناسه بوم شناختی بهره متابولیک (MQ[5]) و ضریب میکروبی (MC[6]) نیز بررسی گردید.

مواد و روش ها

در این پژوهش از خاک لایه رویین (۳۰-۰ سانتی‌متر) و لایه زیرین (۶۰-۳۰ سانتی‌متر) چهار جایگاه رهاسازی

1. Biological succession
2. Culture
3. Basal respiration
4. Substrate induced respiration
5. Metabolic quotient
6. Microbial coefficient

www.SID.ir

Archive of SID

پساب شهری، رودخانه شهراب و فراهان و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم در دو زمان بهار (۱۳۹۳/۲/۱۹) و پاییز (۱۳۹۳/۸/۸) نمونه‌برداری شد (شکل ۱). نمونه‌های خاک و ته‌نشست‌ها درست از بستر و جایگاه پیوند پساب‌ها و رودخانه‌ها به دریاچه میقان برداشت شده‌اند. این چهار ایستگاه، جایگاه رسیدن آبهای پیرامون به تالاب است و بررسی و آزمون خاک و در پی آن ارزیابی ناهمانندی و دگرگونی‌های آنها در برابر یکدیگر نشان از پیامد آب‌های درونریز دریاچه دارد.

نمونه‌های خاک و ته نشست‌های چهار جایگاه یاد شده در بالا در سه تکرار و در دو لایه ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ cm برداشت شدند. بخشی از خاک‌ها به گونه نمدار و تازه، برای آزمایش‌های زیستی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری و بخش دیگری برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی از الک ۲ mm گذرانده و هوا خشک شده‌اند.

نمناکی[1] خاک هنگام نمونه‌برداری، هدایت الکتریکی (EC[2]) در سوسپانسیون نسبت ۱ به ۲ خاک به آب با EC متر، بافت خاک با هیدرومتر (Gee & Bauder, 1986) و همه کربن آلی (Corg) به روش آکسایش تر (Nelson & Somers, 1996) اندازه‌گیری شدند. فراوانی قارچ‌ها، اکتینومیست‌ها، باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای به روش بالا در هر نمونه خاک شمارش و لگاریتم فراوانی یگان های سازنده پرگنه (CFU) در واحد وزن خشک خاک (logCFU gr^{-1}) برآورد شد (Safari Sinegani, *et al.*, 2010).

تنفس پایه (BR) و برانگیخته خاک‌ها (SIR) با گرداوری CO_2 آزاد شده در هیدروکسید سدیم و تیتراسیون برگشتی مقدار باقیمانده‌ی آن با اسید کلریدریک اندازه گیری شدند. در اندازه‌گیری تنفس برانگیخته از گلوکز یک درصد به‌عنوان سوبسترا استفاده شد (Alef & Nannipier, 1995). کربن زیتوده میکروبی از تنفس برانگیخته، نسبت‌های اکوفیزیولوژیک بهره متابولیک (MQ) و ضریب میکروبی (MC) نیز از کربن زیتوده با بهره‌گیری از فرمول‌های زیر برآورد شدند (Dilly, 2005):

$$\text{Cmic g kg}^{-1}\text{ soil} = \text{SIR (g kg}^{-1}\text{ soil h}^{-1})* 0.515* 40.04+ 0.37 \quad (1)$$

$$\text{Cmic g kg}^{-1}\text{C-CO}_2\text{ in BR mg kg}^{-1}\text{ soil h}^{-1}/\text{ MQ} = \text{ soil} \quad (2)$$

که در آن SIR: تنفس برانگیخته خاک بر پایه گرم بر کیلوگرم خاک بر ساعت، MQ: بهره متابولیکی بر پایه h^{-1} (mg $C\text{-}CO_2$ /g C_{mic})، $C\text{-}CO_2$ in BR: میلی گرم کربن اکسید شده در تنفس پایه در کیلوگرم خاک خشک در ساعت و Cmic: گرم کربن زیتوده میکروبی در یک کیلوگرم خاک خشک است.

$$\text{MC} = \text{Cmic mg kg}^{-1}\text{ soil} / \text{Corg mg kg}^{-1}\text{ soil} \quad (3)$$

که در آن MC: ضریب میکروبی، C_{mic}: گرم کربن زیتوده میکروبی و C_{org}: گرم کربن آلی در یک کیلوگرم خاک خشک است.

داده پردازی و آزمون آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SAS 9.2 انجام شد و میانگین‌ها در پایه آماری ۵٪ و به روش دانکن آزمون شدند. در بررسی ویژگی‌های زیستی خاک‌ها که به گونه کرت‌های دوبار خرد شده بود از طرح آماری اسپلیت-اسپلیت پلات در سه تکرار بهره‌گیری شد. کرت اصلی آن جایگاه نمونه‌برداری خاک در چهار سطح (پساب فاضلاب، رودخانه شهراب، فراهان و پساب کارخانه)، کرت فرعی لایه نمونه‌برداری از خاک (۰cm- ۳۰ و ۳۰-۶۰) و کرت فرعی-فرعی ماه نمونه‌برداری از خاک در دو سطح (اردیبهشت، آبان) بود.

نتایج و بحث

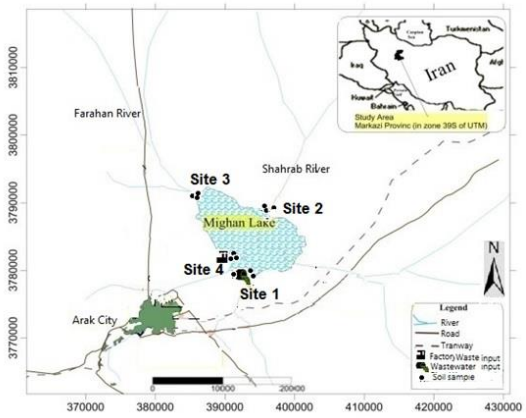
جدول ۱ جایگاه نمونه‌برداری و برخی از ویژگی‌های مهم این خاک‌ها شامل نمناکی خاک، شوری و همچنین مواد آلی خاک‌ها را که بر زندگی ریزجانداران پیامد دارد را نشان می‌دهد. همانگونه که دیده می‌شود، بلندی خاک در جایگاه‌های ۳ و ۴ (جایگاه رهاشدن رودخانه فراهان و پساب کارخانه) که در بخش خوروری دریاچه میقان هستند، بیش از جایگاه‌های رها شدن پساب شهری در جنوب و رودخانه شهراب در بخش خورآیی آن است.

1. Soil moisture

2. Electrical conductivity

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- دریاچه کویر میقان اراک و جایگاه‌های نمونه‌برداری از خاک

Figure 1. The map of Iran, Markazi province and Meyghan playa in Arak city with the 4 sampling sites.

جدول ۱- جایگاه نمونه‌برداری از خاک و برخی از ویژگی‌های خاک‌های نمونه‌برداری شده

Table 1. Soil and water sampling sites and properties of the sampled soils

Sampling Site	GPS location (UTM)		Elevation	Depth	Θ_m	EC 1:2	SOM
	Y (m N)	X (m E)	m	cmCm	%	dS m^{-1}	%
1	3779164	390312	1660	0-30	26.3	0.95	1.41
				30-60	26.5	2.26	0.98
2	3788876	396597	1660	0-30	36.4	19.8	0.98
				30-60	33.1	10.9	0.55
3	3791903	385342	1662	0-30	20.2	4.78	1.06
				30-60	22.2	2.89	0.63
4	3781049	388599	1662	0-30	19.7	32.3	0.35
				30-60	28.9	26.3	0.22

۱) پساب شهری، ۲) رودخانه شهراب، ۳) رودخانه فراهان ، ۴) پساب کارخانه فراوری سولفات سدیم

1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River, 3) Farahan river and 4) Sodium sulfate Factory Wastewater ©

Θ_m: Soil moisture percentages, EC: Electrical Conductivity and SOM: Soil Organic Matter ©

خاک‌های جایگاه رهاسازی پساب شهری و رودخانه شهراب که بلندی کمتری دارند، نمناک‌تر بوده و آب بیشتری دارند.

شوری خاک در دو جایگاه رهاسازی رودخانه شهراب و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم بسیار بیشتر از دو خاک دیگر است. چگونگی مواد آلی این خاک‌ها به گونه است که خاک‌های با شوری کمتر (جایگاه رهاسازی پساب شهری و رودخانه فراهان) دارای مواد آلی بیشتری هستند و از اینرو پیش بینی می‌شد که فراوانی و کارکرد ریزجانداران در این خاک‌ها بالاتر باشد و در چنین زیستگاه‌هایی تنش کمتری دیده شود. برخی از ویژگی های خاک مانند درجه آلودگی آنها به فلزهای سنگین و دیگر ویژگی‌ها در نوشتارهای دیگری گزارش شده است (Safari Sinegani & Safari Sinegani, 2018 & 2017). در آن پژوهش‌ها دیده شد که در جایگاه‌های ورود پساب شهری، رودخانه شهراب، رودخانه فرهان و پساب کارخانه سولفات سدیم اندازه کادمیوم خاک رویین به ترتیب ۵/۷، ۵/۴ و ۴/۸ و ۴/۹ ($\mu g\ g^{-1}$) و اندازه سرب این جایگاه‌ها به ترتیب ۱۶۱، ۱۵۹، ۱۶۷ و ۱۳۱ ($\mu g\ g^{-1}$) بوده‌است. بنابراین بیشترین آلودگی به سرب را جایگاه رها سازی پساب شهری و سپس رودخانه شهراب و بیشترین آلودگی کادمیوم را رودخانه فرهان و سپس پساب شهری داشتند. این ناهمانندی ها هر چند بزرگ نیست ولی در پژوهش یاد شده آمده است که چندان وابسته به رهاسازی پساب شهری پالایش شده در این خاک ها نیست و بیشتر وابسته به کارخانه‌ها و ترابری خودروها در بخش های جنوبی دریاچه یاد شده است. ناگفته نماند که پژوهشگران بسیاری گزارش کرده اند که بهره گیری از فاضلاب و رهاسازی آن روی خاک به اندازه چشمگیری مایه افزایش اندازه فلزها در خاک می شود (Rattan *et al.*, 2005 &

www.SID.ir

Archive of SID

Khan *et al.*, 2008). به هر گونه پیامد بد فلزهای سنگین بر فراوانی و کارکرد ریزجانداران به واکنش دهندگی و زیست فراهمی آنها بستگی دارد (Zalaghi & Safari_Sinegani, 2014) که بیشترین زیست فراهمی فلزها به‌ویژه کادمیوم در خاک های شور به ویژه جایگاه رهاسازی پساب کارخانه سولفات سدیم دیده شد (Safari Sinegani & Safari Sinegani, 2018 & 2017) که می تواند افزون بر شوری سبب کاهش فراوانی ریزجانداران و افزایش تنش در این جایگاه شده باشد.

تجزیه واریانس لگاریتم فراوانی همه باکتری‌ها، کلی فرم‌ها، اکتینومیست‌ها و قارچ‌های کشت شدنی چهار جایگاه بررسی شده تالاب میقان (جدول ۲) نشان داد که در میان ریزجانداران شمارش شده در خاک‌ها قارچ‌ها و سپس اکتینومیست‌ها بیشترین دگرگونی و پاسخ‌دهی را به جایگاه نمونه‌برداری، ژرفا و زمان نمونه‌برداری و برهم‌کنش آنها داشتند. دگرگونی اندک در فراوانی باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای در زیستگاه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری شده، نشان از توان بهتر این ریزجانداران برای زندگی در چنین زیستگاه‌های ناهمانند دارد.

آزمون میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در خاک‌ها نشان داد که درکل خاک‌های برداشت شده از جایگاه‌های رهاسازی پساب شهری دارای بیشترین فراوانی باکتری در هر دو زمان نمونه‌برداری است (جدول ۳). پس از آن، خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان دارای فراوانی بیشتری از باکتری‌ها است. یادآور شود که این دو خاک دارای کمترین شوری و بیشترین ماده آلی هستند. درکل بالاترین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در لایه رویین خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری در هر دو زمان نمونه‌برداری بهار و پاییز (۶/۰۰ و ۵/۴۷ ($\log cfu\ g^{-1}$)) بدست آمد. در برابر آن کمترین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در لایه رویین و زیرین خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در زمان نمونه‌برداری پاییز (۲/۶۱ و ۲/۱۳ Log ($cfu\ g^{-1}$)) بدست آمد. در میان خاک‌های بررسی شده، خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم کمترین فراوانی باکتری‌ها را در هر زمان نمونه‌برداری دارد.

روهمرفته لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک نمونه‌برداری شده از لایه رویین جایگاه رهاسازی پساب شهری در هر دو زمان نمونه‌برداری بهار و پاییز بالاترین (۵/۵۱ و ۵/۲۷ ($\log cfu\ g^{-1}$)) بود. در برابر آن کمترین لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک نمونه‌برداری شده از لایه رویین و زیرین جایگاه رهاسازی پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم در زمان نمونه‌برداری پاییز (۰/۷۶ و ۰/۳۷ ($\log cfu\ g^{-1}$)) بدست آمد (جدول ۳).

لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان و شهراب در هر دو زمان نمونه‌برداری بهم نزدیک بوده و ناهمانندی چشم‌گیری در پایه آماری ۵ درصد ندارند. این شاید به وابستگی بیشتر باکتری‌های روده‌ای به نمناکی خاک باشد. هر چند خاک جایگاه شهراب شوری بالاتری دارد، همانگونه که در جدول ۱ آمده است این خاک آب بیشتری دارد.

صفری سنجانی و مقصودی (Safari Sinegani & Maghsoudi, 2011) گزارش کردند که توان زنده مانی باکتری‌های روده‌ای خاک‌های تیمار شده با کودهای دامی در خاک‌های با نمناکی بیشتر بویژه خاک‌های سیراب به اندازه چشم‌گیری بیشتر از خاک‌های خشک‌تر است. نمناک‌بودن خاک و افزایش آن مایه زنده‌مانی بهتر باکتری‌های روده‌ای در خاک می‌شود (Van Elsas *et al.*, 2007).

ون‌السا‌س و همکاران (Van Elsas *et al.*, 2010) گزارش کرد که زنده¬مانی ایشریشیا کلای در خاک¬های با مواد آلی و نمناک بیشتر است. به هر گونه در این پژوهش لگاریتم فراوانی این باکتری‌ها در بهار در همه خاک‌ها بیشتر از پاییز است ولی این ناهمانندی تنها در خاک‌های شور در جایگاه‌های شهراب و پساب کارخانه از دیدگاه آماری چشم‌گیر بود.

انتری و همکاران (Entry *et al.*, 2005) دیدند که زمان زنده¬مانی ایشریشیا کلای با افزایش نمناکی یک خاک چمن¬کاری¬شده، افزایش یافت. بری و میلر (Berry & Miller, 2005) در بررسی پیامد نمناکی خاک بر زنده مانی باکتری ایشریشیا کلای کود گاوی، دریافتند که این باکتری در دامنه گسترده¬ای از نم خاک می¬تواند زنده بماند و رشد کند. در برابر این یافته‌ها لانگ و همکاران (Lang *et al.*, 2007) گزارش کردند که فراوانی باکتری ایشریشیا کلای لجن پساب افزوده¬شده به خاک در زمستان و پاییز بیش از بهار و تابستان است که خاک خشک و گرم¬تر است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های لگاریتم فراوانی همه باکتری‌ها، کلیفرم‌ها، اکتینومیست‌ها و قارچ‌های کشت شدنی در هر گرم از خاک برداشت شده از لایه‌های رویین و زیرین خاک‌ها در چهار جایگاه بررسی شده از تالاب میقان در دو زمان بهار و پاییز

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) of log numbers of Bacteria, Coliform Bacteria, Actinomysetes and Fungi in topsoil and subsoil of 4 sampled soils from Meyghan lake in spring and fall

Source	DF	Bacteria	Coliform Bacteria	Actinomysetes	Fungi
Replication (R)	2	0.062	0.322	0.124	0.022
Site (S)	3	16.791**	24.402**	6.151**	37.369**
R*S	6	0.028	0.203	0.164	0.021
Dept (D)	1	2.298**	3.048**	5.719**	2.408**
S*D	3	0.086	0.123	0.191	0.341
R*D(S)	8	0.033	0.037	0.122	0.015
Time (T)	1	3.503**	6.909**	16.675**	2.135**
S*T	3	0.048*	2.573**	1.036**	0.350**
D*T	1	0.010	0.002	1.115*	0.635**
S*D*T	3	0.204**	0.273*	1.290*	0.675**
Error	16	0.028	0.153	0.194	0.010

* MS of the treatment is significant at the 0.05 level. ** MS of the treatment is significant at the 0.01 level

لگاریتم فراوانی اکتینومیست‌ها در خاک نمونه‌برداری شده از لایه رویین جایگاه رهاسازی پساب شهری در هر دو زمان نمونه‌برداری بهار و پاییز و در لایه زیرین همین جایگاه در بهار بالاترین و به ترتیب برابر ۳/۹۲، ۳/۳۴ و ۳/۵۷ (Log cfu g^{-1}) بود. در برابر آن لگاریتم فراوانی اکتینومیست‌ها در خاک نمونه‌برداری شده از لایه زیرین جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در زمان نمونه‌برداری پاییز کمترین و برابر صفر بدست آمد. افزون بر شوری کمتر خاک در جایگاه رهایی پساب شهری ریزتر بودن بافت خاک هم می‌تواند به فراوانی بیشتر باکتری‌ها در آن کمک کند. گزارش شده زیستگاه ریزجانداران، با افزایش رس در خاک، با نگهداری و اندوختن کربن آلی بیشتر، بهتر می‌شود (Safari Sinegani, 2015). فراوانی و کارکرد ریزجانداران در خاک‌های شنی که با کمبود مواد غذایی آلی و کانی (بسته به فروزینگی تند مواد آلی و آبشویی بیشتر عناصر غذایی) روبرو هستند و همچنین خاک‌های رسی و ریز بافت که تهویه اندکی دارند، کمتر است. همچنین نگهداری رطوبت خاک به بزرگی اندازه روزنه-های خاک و بافت آن بستگی دارد. انگول و همکاران (Angole *et al*., 2006) با افزودن لجن پساب به چهار نمونه خاک با بافت¬هایی ناهمانند گزارش نمودند که ریزتر شدن بافت خاک با پیامدهای سودمندی که بر توان نگهداری آب در خاک و درصد ماده آلی آن دارد، زمان زنده¬مانی کلیفرم¬ها را در خاک افزایش می¬دهد. لانگ و اسمیت (Lang & Smith, 2007) گزارش کردند که اندازه رس خاک به علت نگهداشت بیشتر رطوبت و مواد غذایی و نگهداری در برابر شکارچی‌ها در زنده¬مانی ایشریشیا کلای تاثیر زیادی دارد. گزارش‌های دیگری نیز نشان داده است که زنده¬مانی باکتری در خاک رویین بیشتر از خاک زیرین است که آن را وابسته به مواد آلی بیشتر و توان نگه¬داری آب بیشتر در خاک رویین در برابر خاک زیرین دانستند (Stocker *et al*., 2015). در برابر باکتری‌ها که در خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری بیشترین بودند، لگاریتم فراوانی قارچها در خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان در هر دو زمان نمونه‌برداری بیشترین است و با دیگر خاک‌ها ناهمانندی چشم‌گیری دارد (جدول ۳). لگاریتم فراوانی قارچها در لایه رویین خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان در هر دو زمان بهار و پاییز بالاترین (۴/۸۵ و ۴/۷۱ (Log cfu g-1)) بود. در برابر آن در خاک نمونه‌برداری شده از لایه رویین و زیرین جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در زمان پاییز و از لایه زیرین همین خاک در بهار هیچ گونه قارچی بدست نیآمد و فراوانی آنها برابر صفر بود (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه باکتری‌ها، کلیفرم‌ها، اکتینومیست‌ها و قارچ‌های کشت شدنی در هر گرم از خاک برداشت شده از هر لایه خاک‌ها در چهار جایگاه بررسی شده از تالاب میقان در دو زمان بهار و پاییز#

Table 3. Mean test of log numbers of Bacteria, *Coliform Bacteria*, *Actinomysetes* and Fungi in topsoil and subsoil of 4 sampled soils from Meyghan lake in spring and fall

Sampling Site	Time	Depth	Bacteria	Coliform Bacteria	Actinomysetes	Fungi
		Cm	Mean	Mean	Mean	Mean
1	Spring	0-30	0.22a±6.00	0.08a±5.51	0.15a±3.92	0.04d±3.94
1	Spring	30-60	0.26b±5.30	0.04bc±4.78	0.07ab±3.57	0.15e±3.71
2	Spring	0-30	0.39d±4.44	0.02ef±3.99	0.15abc±3.51	0.08g±3.10
2	Spring	30-60	0.15e±4.12	0.17efg±3.72	0.13bcd±3.03	0.06h±2.80
3	Spring	0-30	0.06c±4.99	0.21cde±4.38	0.02bcd±3.11	0.03a±4.85
3	Spring	30-60	0.07c±4.83	0.04fg±3.63	0.06bcd±2.89	0.10b±4.52
4	Spring	0-30	0.17g±3.23	0.10hi±2.85	0.25bcd±2.94	0.21i±1.85
4	Spring	30-60	0.14h±2.81	0.06i±2.54	0.11ed±2.45	0.00j±0.00
1	Fall	0-30	0.17b±5.47	0.11ab±5.27	0.21abc±3.34	0.04e±3.68
1	Fall	30-60	0.19c±4.84	0.08bcd±4.73	0.17cde±2.76	0.13f±3.45
2	Fall	0-30	0.10f±3.69	0.03fg±3.55	0.236de±2.5	0.12h±2.76
2	Fall	30-60	0.03g±3.25	0.05ghi±3.20	0.03e±2.09	0.04h±2.62
3	Fall	0-30	0.10c±4.89	0.04def±4.07	0.01cde±2.76	0.03ab±4.71
3	Fall	30-60	0.18d±4.53	0.20fgh±3.38	1.00f±1.16	0.32c±4.20
4	Fall	0-30	0.20h±2.61	0.32j±0.76	0.17f±1.33	0.00j±0.00
4	Fall	30-60	0.01i±2.13	0.64j±0.37	0.00g±0.00	0.00j±0.00

1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River, 3) Farahan river and 4) Sodium sulfate Factory Wastewater ©
Means with the same letter are not significantly different ©

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده های تنفس پایه (BR, mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1})، تنفس برانگیخته با بستره (SIR, mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1})، بهره متابولیک (MQ, mg C-CO_2 g^{-1} Cmic h^{-1}) و ضریب میکروبی (MC, mg Cmic mg^{-1} Corg) خاک برداشت شده از لایه‌های رویین و زیرین خاک‌ها در چهار جایگاه بررسی شده از تالاب میقان در دو زمان بهار و پاییز

Table 4. Analysis of variance (mean of squares) of of Soil basal respiration (BR, mg CO_2 g^{-1} soil day-1), substrate-induced respiration (SIR, mg CO_2 g-1 soil day^{-1}), Metabolic-quotient (MQ, mg C-CO_2 g^{-1} Cmic h-1) and microbial-coefficient (MC, mg Cmic mg^{-1} Corg) in topsoil and subsoil of 4 sampled soils from Meyghan lake in spring and fall

Source	DF	BR	SIR	MQ	MC
Replication (R)	2	0.00008	0.024	0.764	0.0004
Site (S)	3	0.00369**	6.997**	5.076**	0.0226*
R*S	6	0.00016	0.005	0.597	0.0002
Dept (D)	1	0.00290**	4.255**	1.916*	0.0033*
S*D	3	0.00003	0.699**	0.052	0.0013
R*D(S)	8	0.00003	0.023	0.301	0.0006
Time (T)	1	0.00973**	7.274**	1.886*	0.0560**
S*T	3	0.00034*	2.238**	1.713*	0.0135**
D*T	1	0.00182**	1.232**	0.021	0.0008
S*D*T	3	0.00014	0.219**	1.160*	0.0030**
Error	16	0.00009	0.013	0.331	0.0005

* MS of the treatment is significant at the 0.05 level. ** MS of the treatment is significant at the 0.01 level

تجزیه واریانس داده‌هانشان داد در میان این شناسه‌های زیستی خاک تنفس برانگیخته همانگونه که پیش بینی می‌شد بیشترین دگرگونی و پاسخ را به جایگاه، زمان و لایه نمونه‌برداری و برهم‌کنش‌های آنها داشته است (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

پیامد جایگاه، زمان و لایه نمونه‌برداری و برهم‌کنش جایگاه و زمان و نیز برهم‌کنش لایه نمونه‌برداری از خاک و زمان بر تنفس پایه چشم‌گیر بود. پاسخ‌دهندگی و دگرگونی بهره متابولیک به تیمارهای بررسی شده نیز کم بود و از میان برهم‌کنش‌ها تنها به برهم‌کنش دوگانه جایگاه و زمان نمونه‌برداری و برهمکنش سه گانه جایگاه، لایه و زمان نمونه‌برداری پاسخ چشم‌گیری داشت. بهره متابولیک یک شناسه ویژه برای ارزیابی سوخت و ساز ریزجانداران در زیستگاه‌ها است و نشان می‌دهد که زیستگاه تا چه اندازه تنش‌زا است. دگرگونی داده‌های ضریب میکروبی بیش از تنفس پایه و بهره متابولیک بود. بنابراین برای ارزیابی پیامدهای زیستی تیمارها بهترین شناسه تنفس برانگیخته و پس از آن ضریب میکروبی است. ضریب میکروبی، شناسه‌ای پاسخ‌دهنده از فراهمی کربن خاک برای رشد ریزجانداران گزارش شده است، و از آن همانند یک استاندارد درونی برای شناخت دگرگونی‌های زیستگاه‌ها با تنش‌های گوناگون بهره‌گیری شده است (Anderson, 2003). رنلا و همکاران (Renella *et al.*, 2005) و گائو و همکاران (Gao *et al.*, 2010) از تنفس برانگیخته برای ارزیابی ویژگی خاک‌ها بهره‌گیری کرده و آن را یک شناسه کارا گزارش کرده اند.

بالاترین تنفس پایه در لایه رویین خاک جایگاه رهایی پساب شهری اراک در بهار اندازه‌گیری شد که برابر ۰/۱۰۲ ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ soil\ day^{-1}$) بود (جدول ۵). کمترین تنفس پایه در لایه رویین و زیرین خاک جایگاه رهایی پساب کارخانه سولفات سدیم در پاییز و در لایه زیرین خاک همین جایگاه در بهار اندازه‌گیری شد که به ترتیب برابر ۰/۰۱۴، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۹ ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ soil\ day^{-1}$) خاک در روز بود. تنفس پایه خاک بیشتر نشان دهنده اندوخته کربن آلی ساده یا آسان فروزینه[1] شونده است (Safari Sinegani, 2015).

جدول ۵- آزمون میانگین تنفس پایه (BR, mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1})، تنفس برانگیخته با بستره (SIR, mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1})، بهره متابولیک (MQ, mg C-CO_2 g^{-1} Cmic h^{-1}) و ضریب میکروبی (MC, mg Cmic mg^{-1} Corg) خاک برداشت شده از دولایه خاک‌ها در ۴ جایگاه بررسی شده از تالاب میقان در دو زمان بهار و پاییز

Table 5. Mean test of Soil basal respiration (BR, mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1}), substrate-induced respiration (SIR, mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1}), Metabolic-quotient (MQ, mg C-CO_2 g^{-1} Cmic h^{-1}) and microbial-coefficient (MC, mg Cmic mg^{-1} Corg) in topsoil and subsoil of 4 sampled soils from Meyghan lake in spring and fall

Sampling Site	Time	Depth	BR	SIR	MQ	MC
		Cm	Mean	Mean	Mean	Mean
1	Spring	0-30	0.006a±0.102	0.071a±3.688	0.02c±0.366	0.009a±0.196
1	Spring	30-60	0.011abc±0.063	0.014c±2.053	0.068c±0.407	0.003a±0.202
2	Spring	0-30	0.006b±0.077	0.014e±0.904	0.108abc±1.13	0.003c±0.080
2	Spring	30-60	0.011cd±0.053	0.356gh±0.402	0.660a±2.60	0.055cd±0.061
3	Spring	0-30	0.011b±0.074	0.199b±2.33	0.095c±0.425	0.025a±0.228
3	Spring	30-60	0.006d±0.046	0.150e±0.887	0.178bc±0.696	0.025b±0.143
4	Spring	0-30	0.016de±0.039	0.038hi±0.205	0.307a±2.52	0.046cd±0.049
4	Spring	30-60	0.003fg±0.019	0.071i±0.115	0.174a±2.51	0.008cd±0.050
1	Fall	0-30	0.008de±0.040	0.026d±1.22	0.083c±0.430	0.013c±0.089
1	Fall	30-60	0.017d±0.044	0.130f±0.650	0.161bc±0.876	0.017cd±0.053
2	Fall	0-30	0.013de±0.038	0.068gh±0.388	0.285bc±1.26	0.015d±0.035
2	Fall	30-60	0.010efg±0.025	0.047gh±0.402	0.378bc±0.854	0.008cd±0.070
3	Fall	0-30	0.007de±0.037	0.036e±0.871	0.123bc±0.567	0.014cd±0.061
3	Fall	30-60	0.007def±0.035	0.098fg±0.493	0.322bc±0.974	0.008cd±0.061
4	Fall	0-30	0.007g±0.014	0.059hi±0.244	0.286abc±1.57	0.015cd±0.064
4	Fall	30-60	0.001g±0.011	0.009i±0.081	0.224ab±1.749	0.005d±0.031

۱) پساب شهری، ۲) رودخانه شهراب، ۳) رودخانه فراهان ، ۴) پساب کارخانه فراوری سولفات سدیم

1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River, 3) Farahan river and 4) Sodium sulfate Factory Wastewater

Means with the same letter are not significantly different ©

1 - Degradable easly

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون میانگین تنفس برانگیخته خاک‌ها نشان از ناهمانندی چشم‌گیر آنها دارد (جدول ۵). در این پژوهش بالاترین تنفس برانگیخته در لایه رویین خاک جایگاه رهایی پساب شهری ۳/۶۹ ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ soil\ day^{-1}$) و پایین ترین آن در هر دو لایه خاک جایگاه رهایی پساب کارخانه در هر دو زمان بهار و پاییز بدست آمد که کمتر از ۰/۲۴۴ ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ soil\ day^{-1}$) بود. تنفس برانگیخته بیشتر نشان دهنده فراوانی ریزجانداران و کربن زیست توده خاک است (Safari Sinegani, 2015). پژوهشگران برای اندازه‌گیری کربن زیتوده این ویژگی از خاک را اندازه‌گیری و با معادله‌هایی کربن زیتوده را از آن برآورد می‌کنند (Ananyeva *et al*, 2011). تنفس برانگیخته همه خاک‌ها در بهار به اندازه چشم‌گیری بیشتر از پاییز و در لایه رویین همه خاک‌ها (گذشته از خاک جایگاه رهایی پساب کارخانه) در هر دو زمان بهار و پاییز بیشتر از لایه زیرین آنها بود. یادآور شود که افزون بر خاک شور جایگاه رهایی پساب کارخانه، تنفس برانگیخته خاک شور ایستگاه رودخانه شهراب نیز در فصل پاییز در لایه زیرین بیشتر لز لایه رویین آن بود (جدول ۵).

بهره متابولیک یکی از شناسه های کارآمد برای شناخت تنش ریزجانداران در یک زیستگاه است (Kumpiene *et al*., 2009). بالاترین بهره متابولیک در لایه زیرین خاک جایگاه رهایی رودخانه شهراب، و در لایه رویین و زیرین خاک جایگاه رهایی پساب کارخانه در بهار بدست آمد که به ترتیب برابر ۲/۶۰، ۲/۵۲ و ۲/۵۱ ($mg\ C\text{-}CO_2\ g^{-1}\ Cmic\ h^{-1}$) بود. کمترین بهره متابولیک در لایه رویین خاک جایگاه رهایی پساب شهری در بهار بدست آمد که برابر ۰/۳۶۶ م($mg\ C\text{-}CO_2\ g^{-1}\ Cmic\ h^{-1}$) بود. بهره متابولیک انرژی نگهداشت و زنده‌مانی ریزجانداران را در زیستگاهشان نشان می‌دهد، و در زیستگاه‌های ویران شده در برابر زیستگاه‌های پایدار این شناسه افزایش می‌یابد (Anderson, 2003). بهره متابولیک ریزجانداران در هر دو زمان نمونه‌برداری در لایه زیرین همه خاک‌ها (گذشته از خاک جایگاه رهایی پساب کارخانه در بهار) بیشتر از لایه رویین آنها است و این نیز نشان از تنش ریزجانداران برای زندگی در لایه زیرین خاک در برابر لایه رویین آنها دارد. یادآور شود که بهره متابولیک در خاک شور جایگاه رهایی پساب کارخانه در فصل بهار در لایه رویین بیشتر از لایه زیرین بود و در خاک شور ایستگاه شهراب نیز در فصل پاییز در لایه رویین بیشتر بود. پیشتر دیده شد که در لایه زیرین چنین خاک‌هایی تنفس پایه یا کارکرد ریزجانداران نیز کمتر از لایه رویین آنها بود. این می‌تواند به کمبود ماده آلی فراهم در لایه زیرین آنها وابسته باشد (جدول ۱) زیرا تنفس پایه خاک‌ها بیشتر وابسته به اندوخته کربن آلی ساده و فراهم در آنها است (Safari Sinegani, 2015). از آنجایی که در لایه زیرین چنین خاک‌های شوری تنفس پایه کمتری در برابر خاک های دیگر و لایه رویین آنها اندازه گیری شده است، بهره متابولیک در لایه زیرین آنها در برخی نمونه‌ها کمتر از لایه رویین خاک بود که نشان از تنش بالاتر ریزجانداران در لایه رویین این خاک‌های شور دارد. به هر گونه کربن زیتوده در لایه زیرین خاک ایستگاه شهراب در پاییز ($SIR=0.402,\ mg\ CO_2\ g^{-1}\ soil$) کمی بیشتر از آن در لایه رویین ($SIR=0.388\ mg\ CO_2\ g^{-1}\ soil$) بوده است که این مایه کاهش برآورد بهره متابولیک در لایه زیرین این خاک در برابر لایه رویین آن شده است. بالا بودن شوری در خاک رویین مایه افزایش کربن اکسید شده ریزجانداران، برای ساخت ATP و زنده ماندن، در چنین زیستگاه پرتنشی شده است. به هر گونه در بیشتر نمونه‌های بررسی شده همان‌گونه که پیش‌بینی می شد، بهره‌متابولیک شده در لایه رویین خاک کمتر از لایه زیرین بود که این نشان از زیستگاه بهتر رویه خاک برای ریزجانداران است که کمبود اکسیژن و بویژه ماده آلی در لایه زیرین خاک در این یافته بسیار نشانه‌دار است. یافته‌های بدست آمده از بررسی ضریب میکروبی وارونه بهره متابولیک است. هر جا بهره متابولیک بالا بود، ضریب میکروبی پایین بود. بالاترین ضریب میکروبی در لایه رویین خاک جایگاه رهایی رودخانه فراهان و لایه رویین و زیرین خاک جایگاه رهایی پساب شهری در بهار بدست آمد که به ترتیب برابر ۰/۲۲۸، ۰/۱۹۶ و ۰/۲۰۲ ($mg\ Cmic\ mg^{-1}\ Corg$) بود. پس از آن ضریب میکروبی در لایه زیرین خاک جایگاه رهایی رودخانه فراهان (۰/۱۴۳ ($mg\ Cmic\ mg^{-1}\ Corg$)) بود. ضریب میکروبی سایر خاک‌ها در دو زمان نمونه‌برداری ناهمانندی چشم‌گیری نداشت گرچه در لایه زیرین خاک جایگاه رهایی پساب کارخانه در پاییز کمترین (۰/۰۳۱ $mg\ Cmic\ mg^{-1}$ (Corg) بود (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

بهره متابولیک یک فراسنجه ویژه برای ارزیابی پیآمدهای دشواری‌های زیست‌پیرامون بر زیتوده ریزجانداران می‌باشد (Shukurova *et al.*, 2006). هر چه این شناسه کوچکتر باشد نشان دهنده بهبود ویژگی‌های زیست‌گاه ریزجانداران و کاهش تنش‌های زیستی در خاک‌ها است (Brookes, 1995). از سوی دیگر گزارش شده است که بهره متابولیک بالاتر در هر زیستگاهی نشان دهنده جوان‌تر بودن میانگین سنی ریزجانداران آن زیستگاه است (Dilly, 2005). در برابر آن اندازه‌های بالای ضریب میکروبی نشان دهنده شایستگی زیستگاه و فراهمی ماده آلی برای ریزجانداران در خاک است (Klose *et al.*, & Zhang *et al.*, 2006 2004). در این پژوهش دیده شد خاک تالاب میقان در جایگاه رهایی پساب شهری کمترین بهره متابولیک و بالاترین ضریب میکروبی را دارد، در برابر آن خاک جایگاه رهایی پساب کارخانه سولفات بود که بالاترین بهره متابولیک و کمترین ضریب میکروبی را داشت (جدول ۴) این یافته‌ها نشان از پیامد خوب رها سازی پساب شهری اراک و پیامد بد رهاسازی پساب کارخانه فراوری سولفات سدیم بر ویژگی‌های زیستی خاک‌های این تالاب دارد.

نتیجه‌گیری کلی

بهره متابولیک در خاک شور جایگاه رهایی پساب کارخانه سولفات سدیم بیشترین بود. پس از آن تنش ریزجانداران در خاک جایگاه رهایی رودخانه شهراب بالا بود. بهره متابولیک در خاک جایگاه‌های رهایی پساب شهری اراک و رودخانه فراهان کمترین بود. این نشان می‌دهد که خاک این بخش‌ها از تالاب میقان تنش کمتری برای ریزجانداران دارند. ضریب میکروبی در این بخش‌ها بالاتر بود که نشان می‌دهد بخش بزرگتری از کربن آلی این زیستگاه‌ها به گونه زنده است.

هر چند آلودگی سرب در جایگاه رها سازی پساب شهری بالاتر از جایگاه‌های دیگر است ولی پیامد رهاسازی پساب شهری اراک در تالاب کویری میقان بر فراوانی و کارکرد ریزجانداران خاک سودمند و پیامد رهاسازی پساب کارخانه فرآوری سولفات بر آنها زیان‌بار است. به هر گونه خاک این تالاب کویری، شور است که در آن گیاهان، جانوران و ریزجانداران ویژه‌ای سازگار شده‌اند. ولی رهاسازی پساب شهری اراک به زندگی و کارکرد ریزجانداران آن کمک می‌کند و مایه دگرگونی گوناگونی جانداران تالاب می‌شود. این پدیده مایه افزایش رشد گونه‌هایی نوینی از گیاهان آب‌دوست مانند اویارسلام در این جایگاه شده که به دگرگونی ریزجانداران و جانوران آن نیز می‌انجامد. پیشنهاد می‌شود که دگرگونی گوناگونی زیستی ریزجانداران و جانوران این جایگاه‌ها در پژوهش ویژه‌ای بررسی گردد.

References

Akhani Sinegani H. 1989. A contribution to the vegetation and flora of kavir-Meghan (NE, Arak). Journal of Science University Tehran, 18 (1-4): 75-84. (In Persian)

Alef K., and Nannipieri, P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, 608p.

Amoozegar M.A., and Zahraei S. 2007. Biodiversity of halophilic bacteria producing extracellular hydrolytic enzymes from Urmia Lake. *Proceedings of the II International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology, Seville, Spain, 28 November–1*, 382p.

Ananyeva N.D., Susyan E.A., and Gavrilenko E.G. 2011. Determination of the soil microbial biomass carbon using the method of substrate-induced respiration. *Eurasian Soil Science*, 44(11): 1215–1221.

Anderson T.H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture Ecosystem Environment*, 98:285–293.

Angole V., Mpuchane S., and Totolo O. 2006. Survival of faecal coliforms in four different types of sludage–amended soils in Botswana. *European Journal of Soil Biology*, 42: 208–218.

Babavalian H. 1989. Diversity of culturable moderate halophytic production of hydrolytic enzymes in Aran-Bidgol hypersaline lake in Iran. *Islamic Azad University, Qom, Iran*, Ma thesis. (In Persian)

Berry E.D., and Miller D.N. 2005. Cattle feedlot soil moisture and manure content: II. Impact on Escherichia coli0157. *Journal of Environmental Quality*, 34: 656–663.

www.SID.ir

Archive of SID

Brookes P.C. 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, 19:269–279.

Dilly O. 2005. Microbial energetics in soils, in Buscot, Springer, Berlin, pp. 123–138.

Entry J.A., Leytem A.B., and Verwey s. 2005. Influence of solid dairty manure and compost with and without alum on survival of indicator bacteria in soil and on potato. *Environmental Pollution*, 138: 212–218.

Gao Y., Zhou P., Mao L., Zhi Y., Zhang C. and Shi W. 2010. Effects of plant species coexistence on soil enzyme activities and soil microbial community structure under Cd and Pb combined pollution. *Journal of Environmental Sciences*, 22:1040–1048.

Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. In: Klute A. (Ed), Method of Soil Analysis-Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin USA., pp. 383-411.

Ghadimi F. 2014. Assessment of the sources of chemical elements in sediment from Arak Mighan Lake. International Journal of Sediment Research, 29: 159-170.

Ghahroudi Tali M., Mirzakhani B., Asgari A. 2012. Surveying desertification in Iranian wetlands (Case study: Meyghan wetland). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 21(4): 97-112. (In Persian)

Hejazi Y., Ahangari I., and Haday M. 2015. Participation of environmental NGOs in conservational activities: evidences from Kani Barazan Wetland in Mahabad. *Journal of Environmental Studies*, 40(4): 989-997. (In Persian)

Kafilzadeh F., Javid H., and Kargar M. 2007. Isolation of halophilic and halotolerant microorganisms from the bakhtegan lake and the effect of physicochemical factors on their Frequency. *Journal of Water and Wastewater*, 18(3): 81-87. (In Persian)

Khan S., Cao Q., Zheng Y.M., Huang Y.Z., and Zhu Y.G. 2008. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Review of Environmental Pollution*, 152 (3):686-92.

Klose S., Wernecke K.D., and Makeschin F. 2004. Microbial activities in forest soils exposed to chronic depositions from a lignite power plant. *Soil Biology and Biochemistry*, 36:1913–1923.

Kumpiene J., Guerri G., Landi L., Pietramellara G., Nannipieri P., and Renella G. 2009. Microbial biomass, respiration and enzyme activities after in situ aided phytostabilization of a Pb-and Cu-contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72:115–119.

Lang N.L., and Smith S.R. 2007. Influence of soil type, moisture content and biosolids application on the fate of Escherichia coli in agricultural soil under controlled laboratory conditions. *Journal of Applied Microbiology*. 103:2122-2131.

Lang N.L., Bellett–Travers M.D., and Smith S.R. 2007. Field investigations on the survival of Escherichia coli and presence of other enteric micro–organisms in biosolids–amended agricultural soil. *Journal of Applied Microbiology*, 103: 1868–1882.

Mehrshad M., Amoozegar M. A., Yakhchali B., and Shahzedeh Fazeli A. 2012. Biodiversity of moderately halophilic and halotolerant bacteria in the western coastal line of Urmia lake. *Biological Journal of microorganisems*, 2: 49-70. (In Persian)

Nelson D. W., and Somers L. E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter of soil analysis-Part 3. Chemical Methods, Madision, Wisconsin. USA, pp. 961-1010.

Rahban R. 2008. Diversity of culturable moderate halophytic production of hydrolytic enzymes in of the lake Houz Sultan in Iran. Islamic Azad University, Tehran, Iran, Ma thesis. (In Persian)

Rattan R.K., Datta S.P., Chhonkar P.K, Suribabu K., and Singh A.K. 2005. Long Term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater–a case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109: 310-22.

Renella G., Mench M., Gelsomino A., Landi L., and Nannipieri P. 2005. Functional activity and microbial community structure in soils amended with bimetallic sludges. *Soil Biology and Biochemistry*, 37:1498–1506.

Rodriguez-Valera F. 1988. Characteristics and microbial ecology of hypersaline environments. In: Rodriguez-Valera F. (Ed). Halophilic Bacteria, Boca Raton, CRC Press. FL, 1: 3–30.

Safari Sinegani A.A. 2015. Soil Organic Matter. The first publication. Bu-Ali Sina University Press. 364p. ISBN- 978-600-128-190-7. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Safari Sinegani A.A., and Maghsoudi J. 2011. The effect of soil water potential on survival of fecal coliforms in soil treated with organic wastes under laboratory conditions. *African Journal of Microbiology Research*, 5(3): 229-240.

Safari Sinegani A.A., and Safari Sinegani M. 2017. Chemical properties of suface water-inflows and their effects on soils of Meyghan Lake in Arak. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(4):123-142.

Safari Sinegani A.A., and Safari Sinegani M. 2018. Chemical fractionation and bioavailability of Fe, Mn, Pb, and Cd in soils around Meyghan Lake, Arak, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*. s13762-018-1725-8.

Safari Sinegani A.A., Sharifi Z., and Safari Sinegani M. 2010. Methods in Applied Microbiology. Bu-Ali Sina University Press. 525 p. ISBN- 978-600-128-028-3. (In Persian)

Shukurova N., Pen-Mouratov S., and Steinbergera Y. 2006. The influence of soil pollution on soil microbial biomass and nematode community structure in Navoiy Industrial Park, Uzbekistan. *Environment International*, 32: 1-11.

Stocker M.D., Pachepsky Y.A., Hill R.L., and Sheltona D.R. 2015. Depth-dependent survival of Escherichia coli and Enterococci in soil after manure application and simulated rainfall. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(14): 4801-4808

Tohidifar M., Kaboli M., Karami M., and Sadough M.B. 2009. Observations on Breeding Birds of Meyghan Wetland and Adjacent Areas, Markazi Province, West-Central Iran. Podoces, 4(2): 124–129.

Van Elsas J.D., Alexander V.S., Rodrigo C., and Jack, T. 2010. Survival of Escherichia coli in the environment: fundamental and public health aspects. Journal of ISME, 5(2): 173–183.

Van Elsas J.D., Jansson J.K., and Trevors J.T. 2007. Modern Soil Microbiology (2nd Ed). CRC Press: USA.

Zalaghi R., and Safari-Sinegani A.A. 2014. The importance of different forms of Pb on diminishing biological activities in a calcareous soil. *Chemistry and Ecology*, 30:446-462.

Zhang P., Li L., Pan G., and Ren. J. 2006. Soil quality changes in land degradation as indicated by soil chemical, biochemicaland microbiological properties in a karst area of southwest Guizhou, China. *Environmental Geology*, 51:609–619.

www.SID.ir

Archive of SID

The Study of Biological Properties of Soils in Joining Places of Surface Water-Inflows in Meyghan Playa in Arak

Mahboobeh Safari Sinegani[1]*, Ali Akbar Safari Sinegani[2], Seyed Mohammad Banijamali[3], Mehrdad Hadipour[4], Pejman Azadi[5]

(Received: October 2018 Accepted: April 2019)

Abstract

Healthy lifestyle on dry land depends on monitoring and maintenance of the ponds. The aim of this study was to assess the effects of surface water-inflows on biological characteristics of wetland soils around Arak Meyghan-Lake. Two soil layers (0-30 and 30-60 cm) in the 4 sites of surface water-inflows were sampled in May and November 2014. The sites were the release sites of treated-municipal-wastewater, Shahrab-River, Farah-River and sodium sulfate-processing plant wastewater. The number of culturable microorganisms in the samples was counted on solid media and the soil basal-respiration (BR), substrate-induced-respiration (SIR), metabolic-quotient (MQ) and microbial-coefficient (MC) were measured. The number of soil fungi in the site Farahan-River site and the numbers of soil bacteria, enteric bacteria and actinomycetes in the release site of municipal wastewater especially in topsoil and in spring were significantly higher compared to those in the 3 other sites (respectively 4.85, 6, 5.51 and 3.92 log numbers). The numbers of the studied microorganisms in soil in the release site of sulfate-plant wastewater were significantly low and the numbers of fungi and actinomycetes were negligible in the most samples. Soil SIR was the most susceptible and responsive index among the studied biological properties. The release of municipal-wastewater in the playa improved the soil biological indices like BR (0.102 mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1}), SIR (3.688 mg CO_2 g^{-1} soil day^{-1}), and MC (0.196 mg Cmic mg^{-1} Corg) significantly. In contrast, the MQ was significantly high in the release site of Shahrab-River and sulfate-plant wastewater (2.60 and 2.52 (mg C-CO_2 g^{-1} Cmic h^{-1}) respectively), showing the negative effects and the higher salt tension in these sites. Although the release of municipal-wastewater in Meyghan-Lake had positive effects on soil biological characteristics, it may have negative effects on biodiversity of these salty soils.

Keywords: Culturable microorganisms; Metabolic quotient; Microbial coefficient; Soil respiration

Safari Sinejani M., Safari Sinejani A. A., Banijamali M., Hadipour M., Azadi P. 2020. The study of biological properties of soils in joining places of surface water-inflows in Meyghan playa in Arak. *Applied Soil Research*, 8(1): 109-120.

1. Ph.D Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
2. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3. Assistant Professor, Ornamental Plants Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran
4. Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Science, Arak University. Arak
5. Assistant Professor of Ornamental Plants Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran
* Corresponding Author Email: safari_1365@yahoo.com

www.SID.ir