# تاثیر فلزات سنگین روی و کادمیم بر فرآیند بیولوژیکی نیتریفیکاسیون در دو خاک آهکی و غیرآهکی

**نجمه یزدان پناه[۱]، امیر فتوت، امیر لکزیان و غلامحسین حق نیا[۲]**

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه خاکشاسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- عضو هیات علمی گروه خاکشاسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

E-mail:najmeyazdanpanah@yahoo.com

## مقدمه

خاک یکی از مهمترین منابع تجدید شونده طبیعی است که علاوه بر تأمین غذای بشر، نقش مهمی در حفظ کیفیت محیط زیست دارد. بنابراین مهمترین گام در حفظ محیط زیست، حفظ کیفیت خاک است. به منظور ارزیابی کیفیت خاک شاخص‌های زیستی متعددی ارائه شده است که یکی از مهمترین آنها نیتریفیکاسیون می‌باشد. در پدیده بیولوژیکی نیتریفیکاسیون، نیتروژن از فرم آمونیوم به نیترات که تنها شکل قابل جذب برای گیاهان است، تبدیل می‌شود. از سوی دیگر در دهه‌های اخیر فعالیت‌های بشر از جمله استفاده از لجن فاضلاب، سموم و علفکش‌ها سبب تجمع فلزات سنگین در سطح خاک و آلودگی آن شده که می‌تواند زندگی موجودات زنده را به مخاطره بیاندازد. این فلزات اثر سمی داشته و بر رشد گیاهان و فعالیت میکروارگانیسم‌ها نیز اثر سوء می‌گذارد. با توجه به مقادیر فراوان خاکهای آهکی در ایران، اطلاعات زیادی در مورد اثر فلزات سنگین بر فعالیت میکروبی در خاک‌های کشورمان وجود ندارد که به دلیل اهمیت زیاد نیتریفیکاسیون، این تحقیق شکل گرفت.

## مواد و روشها

برای انجام این آزمایش دو خاک با درصد آهک مختلف (خاک آهکی و غیرآهکی) انتخاب شد. آزمایش به منظور اندازه گیری نیتریفیکاسیون به صورت فاکتوریل در دو خاک آهکی و غیرآهکی، ۲ سطح نیتروژن به فرم $(NH_4)_2SO_4$ (۰ و ۱۰۰ میکروگرم در گرم خاک)، ۶ سطح فلز سنگین (کادمیم با غلظت ۰، ۱۰ و ۱۰۰ میکروگرم در گرم خاک و روی با غلظت ۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ میکروگرم در گرم خاک) در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در محیط آزمایشگاه انجام گرفت. پس از افزودن محلول سولفات کادمیم با غلظت ۰، ۱۰ و ۱۰۰ میکروگرم در گرم خاک و محلول سولفات روی با غلظت ۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ میکروگرم در گرم خاک، تیمارها به دو بخش مساوی تقسیم شده و به هر قسمت آمونیوم به فرم سولفات اضافه شد. پس از اتمام دوره انکوباسیون (۴۵ روز) میزان نیترات تولید شده توسط دستگاه یون متر اندازه‌گیری گردید [۴].

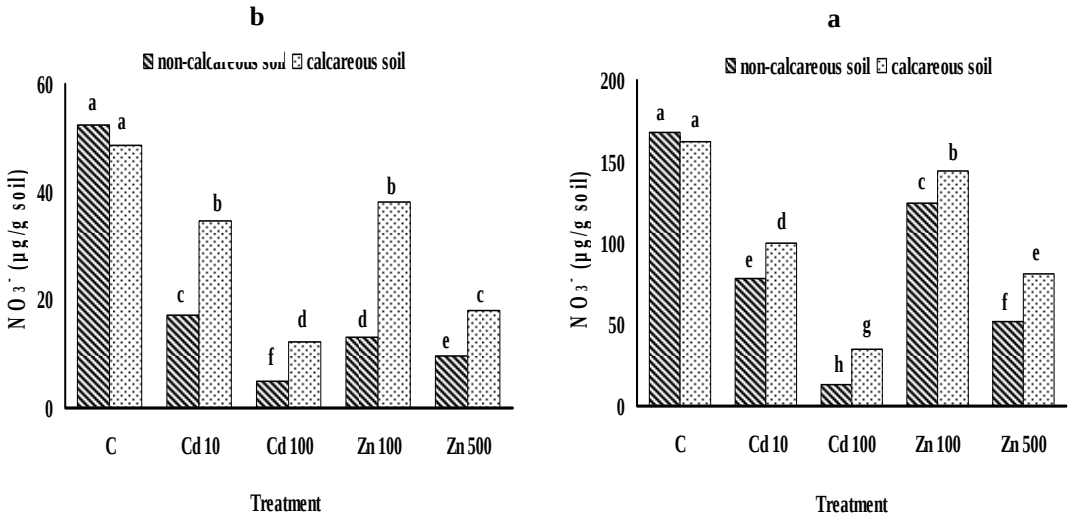
## نتایج و بحث

در طول ۴۵ روز انکوباسیون، فلزات سنگین کادمیم و روی بر پدیده نیتریفیکاسیون در دو خاک آهکی و غیرآهکی تاثیر قابل ملاحظه‌ای داشتند (شکل ۱). میزان نیترات تولید شده در حضور آمونیوم در تیمار کادمیم با غلظت ۱۰ میکروگرم بر گرم خاک نسبت به شاهد در خاک آهکی و غیرآهکی به ترتیب ۳۸ و ۵۳٪ کاهش یافت. غلظت ۱۰۰ میکروگرم کادمیم بر گرم خاک در مقایسه با غلظت ۱۰ میکروگرم کادمیم بر گرم خاک اثر بازدارندگی بیشتری بر نیتریفیکاسیون داشت. بطوریکه میزان نیتروژن معدنی شده بسیار ناچیز و حدود ۷۸٪ در خاک آهکی و ۹۲٪ در خاک غیرآهکی نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد. فلز Zn نیز تاثیر منفی بر فرآیند نیتریفیکاسیون داشت چنانچه غلظت ۱۰۰ و ۵۰۰ میکروگرم روی بر گرم خاک آهکی به ترتیب ۱۱ و۵۰٪ و در خاک غیرآهکی۲۶ و ۶۹٪ نسبت به تیمار شاهد اثر بازدارندگی داشت. فلزات سنگین می‌توانند بر میکروارگانیسم‌های مسوول نیتریفیکاسیون اثر سمی و کشنده داشته باشند و بسیاری از نیتریفیکاتورهای حساس را از بین ببرند [۱]. علاوه‌براین فلزات سنگین با غیرفعال کردن آنزیم‌های موثر در فرآیند نیتریفیکاسیون سبب کاهش یا توقف فعالیت نیتریفیکاتورها می‌شوند و در نتیجه عمل

نیتریفیکاسیون به کندی انجام می‌گیرد یا اینکه کاملاً متوقف می‌شود. همچنین فلزات سنگین از طریق تشکیل کمپلکس با سوبسترا از قابلیت فراهمی سوبسترا می‌کاهند و بهمین دلیل نیتریفیکاتورها برای متابولیسم خود با کمبود انرژی مواجه می‌شوند [۱]. مقایسه میزان فعالیت نیتریفیکاتورها در تیمارهای کادمیم و روی در هر دو خاک نشان داد که سمیت فلز Cd نسبت به Zn بیشتر بوده و در خاک آهکی و غیرآهکی مقدار نیترات تولید شده از فرآیند نیتریفیکاسیون در تیمار حاوی Cd کمتر از تیمار حاوی Zn می‌باشد.

رفتار شیمیایی فلزات به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بستگی دارد و از آنجا که بارزترین تفاوت در خاک های مورد مطالعه در این تحقیق، درصد آهک است و همچنین بر اساس مطالعات Mc Bride [۳] فلزات سنگین کاتیونی بر روی ذرات کربنات کلسیم خاک جذب سطحی و گاهی اوقات رسوب (Co-precipitation) می‌شوند، لذا به نظر می‌رسد پدیده رسوب باعث کاهش حلالیت و قابلیت دسترسی Zn و Cd می شود که به تبع اثرات سمیت آن ها بر نیتریفیکاتورها کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است میزان آمونیوم پس از پایان ۴۵ روز انکوباسیون اندازه‌گیری شد تا اطمینان لازم از تفکیک اثر فلزات سنگین کادمیم و روی بر فرآیند نیتریفیکاسیون و محدودیت سوبسترا حاصل شود.

نیتریفیکاسیون شامل دو مرحله تبدیل آمونیوم به نیتریت و تبدیل نیتریت به نیترات می‌باشد که با اندازه‌گیری یون سمی نیتریت مشخص شد تجمع آن رخ نداده و دومین مرحله (تبدیل نیتریت به نیترات) توسط اولین مرحله (تبدیل آمونیوم به نیتریت) محدود نمی‌شود.




**شکل ۱- میزان نیترات تولید شده در حضور (a) و عدم حضور (b) آمونیوم در دو خاک آهکی و غیرآهکی**

در تیمارهای حاوی آمونیوم خاک‌های آهکی و غیرآهکی نتیجه‌ای مشابه تیمارهای فاقد آمونیوم مشاهده شد. اما نکته قابل توجه در این بود که اختلاف نیترات تولید شده در تیمارهای حاوی آمونیوم در خاک آهکی و غیرآهکی به اندازه تیمارهای فاقد آمونیوم در این دو خاک فاحش نبود. زیرا در خاک‌های آهکی $NH_4^+$ از طریق واکنش با یون $OH^-$ به $NH_3$ تبدیل می‌شود. فرم $NH_3$ درخاک‌های آهکی (pH>۷/۵) برای میکروارگانیسم‌ها بویژه باکتری‌های نیتروباکتر سمی بوده و بدین ترتیب اثرات منفی فلزات سنگین Cd و Zn را تشدید می‌کند. بنابراین فرآیند نیتریفیکاسیون با شدت کمتری انجام می‌گیرد [۲]. علاوه براین فرم $NH_3$ فرار بوده و می‌تواند ازخاک متصاعد شود و این بدین معنی است که از میزان سوبسترای نیتریفیکاتورها بطور قابل ملاحظه‌ای کاسته می‌شود که به دنبال آن نیز فرآیند نیتریفیکاسیون کاهش می‌یابد. یکی از مهمترین پیامدهای فرآیند نیتریفیکاسیون کاهش اسیدیته خاک می‌باشد زیرا در طی دو مرحله فرآیند نیتریفیکاسیون علاوه بر یون نیتریت ونیترات، یون هیدروژن نیز تولید می‌شود [۵] با توجه به اینکه pH اولیه خاک آهکی و غیرآهکی مورد مطالعه مشابه هم بودند تاثیر فرآیند نیتریفیکاسیون بر pH خاک‌های مورد مطالعه به میزان تاثیر کادمیم و روی و مقدار پیشروی فرآیند نیتریفیکاسیون بستگی دارد (جدول ۱).

**جدول ۱- pH در تیمارهای کادمیم و روی دو خاک آهکی و غیرآهکی**

| سوبسترا ($\mu g\ NH_4g^{-1})_4^+g^{-1}$) | کادمیم ($\mu g\ g^{-1}$) $g^{-1}$) | pH خاک آهکی | pH خاک غیرآهکی |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۷/۸ | ۷/۶ |
| | ۱۰ | ۷/۱ | ۷/۰ |
| | ۱۰۰ | ۷/۴ | ۷/۴ |
| ۱۰۰ | ۰ | ۷/۸ | ۷/۶ |
| | ۱۰ | ۶/۷ | ۶/۶ |
| | ۱۰۰ | ۷/ ۳ | ۷/۳ |

| سوبسترا ($\mu g\ NH_4g^{-1})_4^+g^{-1}$) | کادمیم ($\mu g\ g^{-1}$) $g^{-1}$) | pH خاک آهکی | pH خاک غیرآهکی |
|---|---|---|---|
| | | | |
| ۰ | ۰ | ۷/۸ | ۷/۶ |
| | ۱۰ | ۶/۹ | ۶/۸ |
| | ۱۰۰ | ۷/۴ | ۷/۵ |
| ۱۰۰ | ۰ | ۷/۸ | ۷/۶ |
| | ۱۰ | ۶/۵ | ۶/۵ |
| | ۱۰۰ | ۷/۰ | ۷/۰ |

## منابع


[1] Baath, E., 1989. Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations (a review). Water, Air and Soil Pollution. 47, 335-379.

[2] Flowers, T.H., J.R., Callaghan, 1983. Nitrification in soils incubated with pig sullery or ammonium sulphate. Soil Biology and Biochemistry. 15, 337-342.

[3] McBride, M.B., 1989. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. In: B.A. Stewart. Advances in Soil Science, Volume 10. Springer-Verlag New York Inc. New York, USA.

[4] Page, A.L., R.H., Miller, D.R., Keeney, 1982. Methods of soil analysis (ed 2). Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin USA.

[5] Sarathchandra, S.U., 1978. Nitrification activities and the changes in the populations of nitrifying bacteria in soil perfused at two different H- ion concentrations. Plant and Soil. 50, 99-111.