مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

# بررسی اثر نانو ذرات رس و بیوچار بر آبشویی نیترات و پایداری خاک‌دانه

محمود کسایی[۱]، نسرین قرهی*[۲]، رفعت زارع بیدکی[۱]

*۱- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران*

*۲*- گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران*

**نوع مقاله:**
پژوهشی

**تاریخچه مقاله:**
دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴

**کلمات کلیدی:**
آبشویی نیترات
پایداری خاک
بیوچار
زئولیت
کلوزیت
آلودگی آبخوان

## چکیده

**مقدمه:** بررسی عامل تأثیرگذار بر حرکت آب و املاح در خاک و استفاده از مواد اصلاح‌کننده جدید مانند نانو ذرات معدنی و بیوچارها می‌تواند کمک شایانی به مدیریت صحیح اراضی برای کاهش آبشویی نیترات از خاک و جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی نماید. از آن‌جا که در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری بر روی استفاده از زغال زیستی در سیستم‌های زراعی با هدف اولیه ترسیب کربن آلی در خاک و درنتیجه کاهش گازهای گلخانه‌ای انجام شده است، اثر آن بر دیگر فرآیندهای خاک از جمله آبشویی نیترات نیز مورد توجه قرار گرفته است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر نانو ذرات معدنی و بیوچار حاصل از بقایای گیاه گندم بر آبشویی نیترات از خاک و پایداری خاکدانه است.

**مواد و روش‌ها:** تیمارهای مورد استفاده شامل سه تیمار زئولیت، کلوزیت و بیوچار، هرکدام در دو سطح (ده و پنجاه گرم در هر کیلوگرم خاک) و سه تکرار بود. ستون‌های خاک مورد استفاده در این تحقیق، لوله‌های پلیکا (PVC) به قطر ۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بودند. برای وارد کردن نیترات به ستون‌های خاک از کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص استفاده شد. میزان کود اوره مطابق نیاز کودی گیاه ذرت که معمولاً ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد، در نظر گرفته شد. کود اوره به‌صورت محلول برای هر ستون خاک آماده و در هفته اول و پنجم به تمام ستون‌های خاک اضافه شد. آبیاری ستون‌های خاک نیز بر اساس وزن آب از دست رفته از ستون خاک شاهد به روش وزنی و با حدود ۱۵ درصد آبشویی برای خروج زهاب انجام شد. تعداد آبیاری‌ها شامل ۸ آبیاری هفته‌ای یک آبیاری و میزان آب واردشده به هر ستون در هر آبیاری حدود ۶۰ میلی‌لیتر بود. غلظت نیترات محلول‌های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری تعیین گردید. پس از هشت هفته از اضافه شدن تیمارها به خاک مورد آزمایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در نمونه شاهد و تیمارها اندازه‌گیری شد و با میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در نمونه شاهد قبل از آزمایش و بعد از پایان آزمایش مقایسه شدند.

**نتایج:** در طول زمان آزمایش میزان نیترات خروجی از ستون‌های خاک در تیمارهای حاوی ده گرم و پنجاه گرم از هر یک از اصلاح کننده‌های بیوچار، زئولیت و کلوزیت نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ($p<0.5$) کاهش داشته است. در تمام هفته‌های آزمایش، تیمار پنجاه گرم بیوچار کمترین آبشویی نیترات را نسبت به تیمار پنجاه گرم زئولیت و پنجاه گرم کلوزیت داشته است.

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که افزودن بیوچار و نانو ذرات معدنی به خاک در سطح پنج درصد وزنی موجب کاهش معنی‌دار ($p<0.5$) آبشویی نیترات شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: nasrin.gharahi@sku.ac.ir

**بحث:** بر اساس نتایج به دست‌آمده در تحقیق حاضر و مطالعات قبلی انجام شده به طور قطعی می‌توان بیان کرد که افزودن بیوچار به خاک سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک و کاهش آبشویی نیترات از خاک می‌شود. همچنین با افزایش مصرف زئولیت و کلوزیت پایداری خاکدانه‌ها بیشتر و میزان نیترات خروجی از ستون خاک کم شده و درنتیجه آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی به نیترات کمتر خواهد شد.

## مقدمه

آلودگی آب‌خوان‌های زیرزمینی کم‌عمق بر اثر نفوذ آب حاوی نیترات از لایه‌های فوقانی خاک می‌تواند سبب ایجاد مشکلات زیستی برای انسان به‌ویژه در مناطقی که از آب‌های زیرزمینی آلوده به‌عنوان منبع آب آشامیدنی استفاده می‌شود، گردد (Laird, 2010). بررسی ادبیات علمی جهان نشان می‌دهد که به منظور کاهش خطرات این مشکل محیط زیستی در حال حاضر تلاش‌های گسترده‌ای برای نگهداشت و کاهش خروج نیترات از خاک در حال انجام است. استفاده از روش‌های نگهداری نیترات در خاک با استفاده از جاذب‌ها یک روش امیدوارکننده برای تثبیت نیترات در خاک است. گزارش‌های متعددی در مورد استفاده از نانو ذرات معدنی و بیوچار به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک برای کاهش آبشویی نیترات وجود دارد (Junhao *et al.*, 2020).

علم نانو اهمیت حیاتی در علوم خاک دارد زیرا بسیاری از ترکیب‌های طبیعی خاک‌ها، در اندازه نانو بوده یا ویژگی‌هایی در مقیاس نانو دارند (Maurice & Hochella, 2008). فن‌آوری‌های نانو در زیست‌بوم‌های خاکی کاربردهای مختلفی دارند که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به ساخت موادی که در کنترل فرسایش و تثبیت شن‌های روان، نگهداشت آب در خاک، حفاظت خاک، کنترل آبشویی مواد مغذی و مضر از خاک اشاره کرد. نانو ذرات مهندسی‌شده عمدتاً در شکل‌های اکسیدهای فلزی، مواد نیمه‌رسانا، فلزات صفر ظرفیتی و نانو پلیمرها تولید و در محیط‌زیست منتشر شده‌اند (Shermeen & Marschner, 2017). نانو مواد، ذرات خاک یا مواد آلی را تثبیت کرده و باعث می‌شود سازوکار آزادسازی کارآمدتر شود.

در سال‌های اخیر از بیوچار یا زغال زیستی که از حرارت دادن زیست‌توده‌های مختلف تحت شرایط بی‌هوازی (یا شرایط کم اکسیژن) تولید می‌شوند بدون خطر خاصی برای محیط‌زیست، به‌عنوان اصلاح‌کننده و بهبود دهنده در محیط خاک استفاده شده است. بیوچار به‌عنوان یک ماده افزودنی ارزان قیمت برای تثبیت فلزات سنگین در خاک پیشنهاد شده است. کارایی جذب بیوچار به ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی آن و نوع بیوچار بستگی دارد که تحت‌تأثیر عوامل مختلفی ازجمله نوع ماده، اندازه ذرات، دمای پیرولیز و زمان حرارت دادن تغییر می‌کند (Mamedov *et al.*, 2017). Chen و همکاران (۲۰۱۱) بیان کرده‌اند که اضافه کردن نانو ذرات آهن مغناطیسی می‌تواند ویژگی‌های بیوچار را به‌ویژه در چرخهٔ فسفر بهبود ببخشد. هم‌چنین، کاربرد طولانی‌مدت بیوچار باعث بهبود شرایط خاک از نظر افزایش مقدار کربن آلی خاک، افزایش مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود می‌شود. افزون بر این، کود بیوچار و نیتروژن به‌طور قابل توجهی باعث کاهش غلظت نیترات و آمونیوم در شیرابه در اعماق مختلف خاک شد. درنتیجه، بیوچار می‌تواند رشد ریشه، ریخت‌شناسی ریشه، ویژگی‌های خاک و شستشوی نیتروژن را تنظیم کند تا بازده استفاده از کود نیتروژن افزایش یابد.

به‌طورکلی، کارایی جذب گیاهی نیتروژن در اقلیم خشک و نیمه خشک به دلایل متعددی کم است، بنابراین استفاده از روش‌های مؤثر برای افزایش راندمان جذب نیتروژن باید مورد توجه قرار گیرد. به‌منظور حل این مشکل، ایجاد شرایطی برای حفظ نیتروژن در لایه‌های سطحی خاک نظیر استفاده از افزایش سطوح جاذب املاح در خاک، اصلاح‌کننده زئولیت و زغال زیستی موردتوجه محققین می‌باشد (Partovi *et al.*, 1399; Makhosazana *et al.*, 2020). از آن‌جایی‌که در سال‌های اخیر مطالعه‌های خیلی زیادی بر روی استفاده از زغال زیستی در سامانه‌های زراعی با هدف اولیهٔ ترسیب کربن آلی در خاک و در نتیجه کاهش گازهای گل‌خانه‌ای شده است، اثر آن بر دیگر فرآیندهای خاک ازجمله آبشویی نیترات نیز مورد توجه قرار گرفته است.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر نانو ذرات معدنی و بیوچار حاصل از بقایای گیاه گندم بر آبشویی نیترات از خاک و

پایداری خاک‌دانه‌های خاک است لذا در آن اثر سطوح مختلف زئولیت، کلوزیت و بیوچار بر آبشویی نیتروژن حاصل از کود نیتروژنی بر مقدار آبشویی و نگهداشت نیتروژن به‌ویژه نیتروژن حاصل از کاربرد کوده اوره در خاک‌های با بافت متوسط انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت دو آزمایش مستقل انجام شد، به این صورت که هر تیمار بعد از آبیاری با تیمار شاهد به‌صورت جداگانه مقایسه شد. تیمارهای مورد استفاده شامل سه تیمار زئولیت، کلوزیت و بیوچار، هرکدام در سه سطح $T_0$، $T_1$ و $T_5$ به ترتیب شامل صفر، ده و پنجاه گرم از هر کدام از مواد در هر کیلوگرم خاک بود که در سه تکرار به انجام رسید. تیمار $T_0$ به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. تحقیق در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت دو آزمایش مستقل انجام شد، به این صورت که هر تیمار بعد از آبیاری با تیمار شاهد به‌صورت جداگانه مقایسه شد. طول مدت این آزمایش و مقدار کود اضافه‌شده به ستون‌های خاک مورد آزمایش طبق دوره کشت گیاه ذرت دانه‌ای بود.

ذرت یک گیاه گرمسیری است که با میانگین تولید معادل ۷/۷ تن در هکتار بعدا از گندم دارای رتبه دوم در کشور از نظر مقدار تولید است (Nasabian *et al.*, 1390).

برای انجام این تحقیق از خاک دارای بافت متوسط استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونهٔ خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (Hazelton & Murphy, 2007)، واکنش عصاره اشباع خاک (pH) به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک (EC) با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (Zarin Kafsh, 1993)، گنجایش تبادل کاتیونی خاک (CEC) به روش جانشینی با استات سدیم (Summer & Miller, 1996)، مقدار کربن آلی خاک (OC) به روش اکسیداسیون‌تر (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن کل خاک (TN) به‌روش کجلدال (Jafari Haghighi, 2003) و برای اندازه‌گیری پایداری خاک‌دانه‌ها از روش الک مرطوب و تعیین میانگین وزنی قطر ذرات خاک (MWD) استفاده شد (Carter & Gregorich, 1993; Angers, 1993). برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونهٔ خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول۱- ویژگی‌های خاک مورد استفاده در مطالعه**

| TEX. | C | Si | S | SP | N | Bd | Pd | N | OC | pH | EC | CEC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | % | gr/cm$^3$ | gr/cm$^3$ | % | % | | ds/m | cmol+/kg |
| L | ۱۶ | ۴۶ | ۳۸ | ۱۶ | ۲۴۸ | ۱/۳۵ | ۲/۶ | ۰/۰۳ | ۰/۸۳ | ۸/۱ | ۲/۶ | ۱۵/۶ |

اختصارات جدول: CEC=گنجایش تبادل کاتیونی؛ EC=هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک؛ pH=واکنش عصاره اشباع خاک؛ OC=کربن آلی خاک؛ N=ازت کل خاک؛ Pd=جرم مخصوص حقیقی؛ Bd=جرم مخصوص ظاهری؛ n=تخلخل کل؛ SP=درصد رطوبت اشباع خاک؛ S=مقدار شن؛ Si=مقدار سیلت؛ C=مقدار رس؛ TEX.=بافت خاک؛ L=لوم.

بیوچار کاه و کلش گندم در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس در شرایط اکسیژن محدود و در مدت ۳ ساعت در کورهٔ الکتریکی تولید و سپس از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برای اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های بیوچار آماده شده (جدول ۲) از دستگاه تحلیل عنصری استفاده شد (MP-AES 4100: Microwave atomic emission spectroscopy, Agilent, Australia). زئولیت و کلوزیت مورد استفاده در این تحقیق توسط شرکت تماد کالا تهیه شد.

**جدول ۲- برخی از خصوصیات بیوچار مورد استفاده**

| مشخصات | مقدار |
|---|---|
| EC (µs/m) | ۱۷۰ |
| pH | ۹/۵ |
| ماده آلی % | ۵۵/۸ |
| نیترات (mg/l) | ۰/۷ |

اختصارات جدول: EC=هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک؛ pH=واکنش عصاره اشباع خاک

## روش کار

ستون‌های خاک مورد استفاده در این تحقیق، لوله‌های پلیکا (PVC) به قطر ۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بودند. به‌منظور جلوگیری از خروج خاک، انتهای استوانه‌ها توسط یک غشاء پارچه‌ای با منافذ ریز و مفتول سیمی مسدود شدند. هر یک از ستون‌ها با توجه به گنجایششان (۲۱۲ مترمکعب) و بسته به جرم مخصوص ظاهری خاک با حدود ۲۹۰ تا ۳۰۰ گرم خاک تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند. مقدار بیوچار، زئولیت و کلوزیت برای هر ستون به‌طور جداگانه محاسبه و با خاک مخلوط شدند. در مجموع ۳ گرم برای تیمار ۱۰ گرم بر کیلوگرم خاک (۱٪ وزن خاک) و ۱۴/۵ گرم برای تیمار ۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک (۵٪ وزن خاک) از بیوچار، زئولیت و کلوزیت به‌طور جداگانه توزین و هر یک با خاک وزن شده برای هر ستون مخلوط شدند. آزمایش شامل ۲۱ ستون خاک بود که در آن سه ستون به تیمار ۱ درصد زئولیت، سه ستون به تیمار ۵ درصد زئولیت، سه ستون به تیمار ۱ درصد کلوزیت، سه ستون به تیمار ۵ درصد کلوزیت، سه ستون به تیمار ۱ درصد بیوچار و سه ستون به تیمار ۵ درصد بیوچار اختصاص یافت. بقیه ستون‌های خاک به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند. ستون‌های خاک روی پایه‌های فلزی در آزمایشگاه نصب و برای جمع‌آوری زه‌آب خروجی ظرف‌هایی زیرستون‌ها قرار گرفتند (شکل ۱).

**شکل ۱- ستون‌های مورد آزمایش و ظرف جمع آوری زه‌آب حاصل از آبشویی**

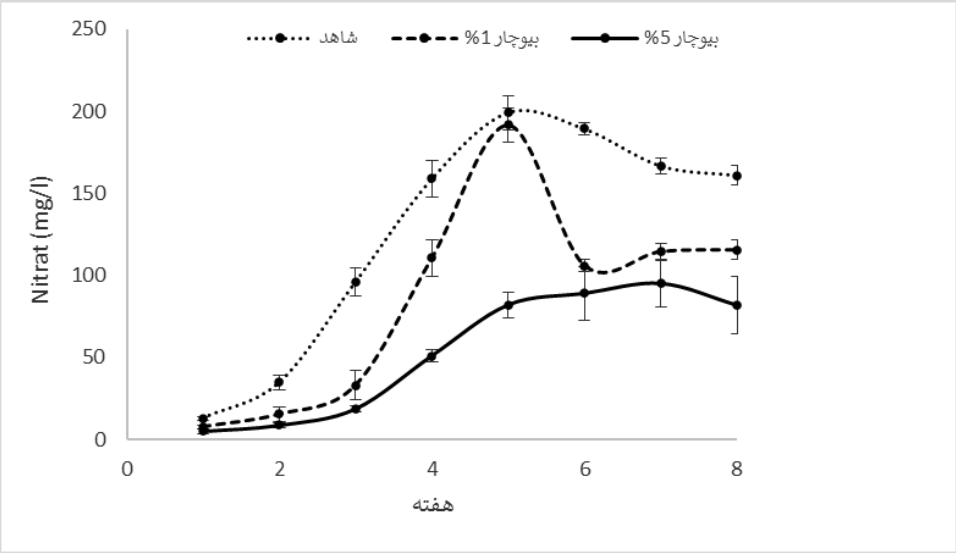
برای واردکردن نیترات به ستون‌های خاک از کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص استفاده شد. مقدار کود اوره مطابق نیاز کودی گیاه ذرت که معمولاً ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد، در نظر گرفته شد. کود اوره به‌صورت محلول برای هر ستون خاک آماده و در هفته اول و پنجم به تمام ستون‌های خاک اضافه شد.

آبیاری ستون‌های خاک نیز بر اساس وزن آب ازدست‌رفته از ستون خاک شاهد به روش وزنی و با حدود ۱۵ درصد آبشویی برای خروج زه‌آب انجام شد. تعداد آبیاری‌ها شامل ۸ آبیاری و هفته‌ای یک آبیاری بود. مقدار آب وارد شده به هر ستون در هر آبیاری حدود ۶۰ میلی‌لیتر بود. بعد از هر آبیاری نمونه‌های زه‌آب به منظور اندازه‌گیری غلظت نیترات به آزمایشگاه منتقل شدند. غلظت نیترات محلول‌های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری تعیین گردید. ویژگی پایداری خاک‌دانه‌ها و میانگین وزنی قطر ذرات خاک مورد استفاده در پروژه یک بار قبل از شروع آزمایش و یک بار نیز پس از گذشت ۸ هفته و در پایان آزمایش برای هر تیمار اندازه‌گیری و تعیین شدند. در نهایت ویژگی‌های خاک و روند حرکت نیترات در خاک تحت‌تأثیر کاربرد سطوح مختلف زئولیت، کلوزیت و بیوچار در طول ۸ هفته بررسی و نتایج آزمایش و مقایسه اثرات فاکتورهای مختلف با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تحلیل قرار گرفت.

## نتایج

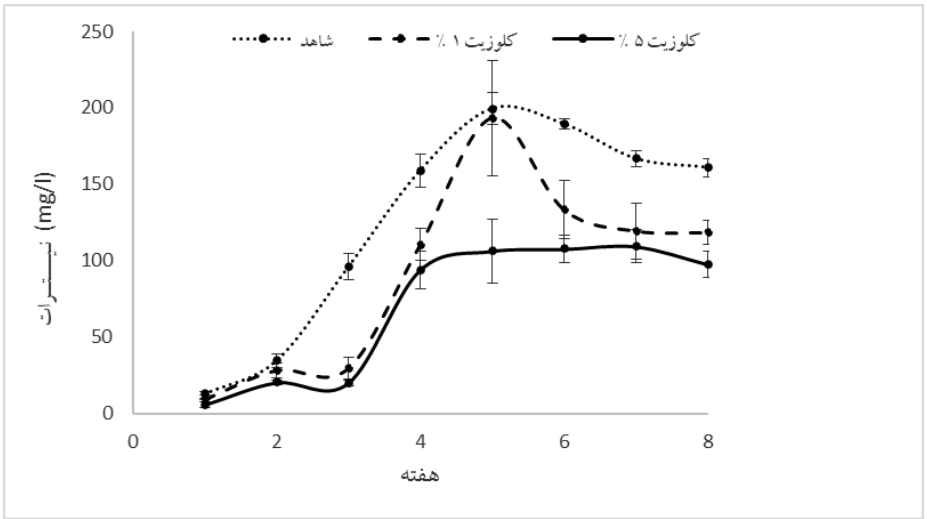
مقایسه مقدار نیترات در زه‌آب تیمار شاهد با مقدار نیترات در زه‌آب تیمارهای ده گرم بیوچار (۱٪ بیوچار) و پنجاه گرم بیوچار (۵٪ بیوچار) در کیلوگرم خاک، در شکل ۲ ارائه شده است. مطابق شکل۲ افزون‌ترین مقدار آبشویی نیترات مربوط به تیمار شاهد است. نقاط اوج این نمودار نشان‌دهنده افزون‌ترین مقدار خروجی نیترات است که در هفته پنجم اتفاق افتاده است. علت آن می‌تواند کوددهی در آبیاری هفته پنجم باشد. نمودار تیمارهای ۵۰ گرم و ۱۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک نیر نسبت به تیمار شاهد عملکرد بهتری در جلوگیری از آبشویی نیترات نشان داد. هم‌چنین نقاط اوج نمودارها نشان‌دهنده افزون‌ترین مقدار خروجی نیترات است که هر سه نمودار،

اوج نمودار را در هفته پنجم نشان دادند. شیب نمودار نیترات خروجی در هفته اول تا چهارم (کود دهی اول) همانند هفته‌های ششم و هفتم و هشتم نبوده و نمودار یک‌روند صعودی ملایم تا هفته پنجم را نشان داد.




**شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف بیوچار در جلوگیری از آبشویی نیترات**

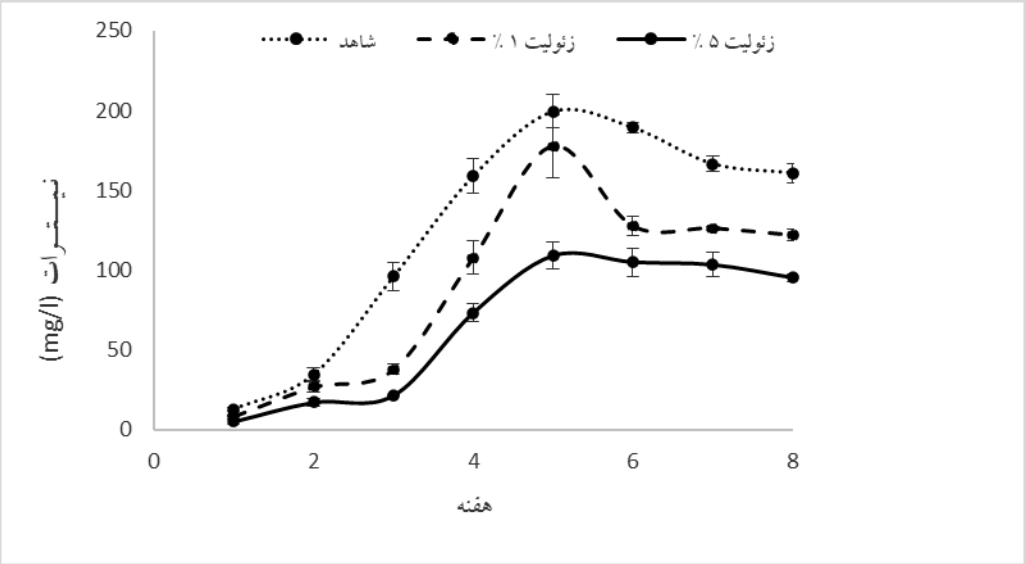
شکل ۳ مقایسه مقدار نیترات در زه‌آب تیمار شاهد با مقدار نیترات در زه‌آب تیمارهای ده گرم کلوزیت (۱٪ کلوزیت) و پنجاه گرم کلوزیت (۵٪ کلوزیت) در کیلوگرم خاک را نشان می‌دهد. در این آزمایش بیشترین مقدار آبشویی نیترات مربوط به تیمار شاهد است. نقاط اوج این نمودار نشان‌دهنده افزون‌ترین مقدار خروجی نیترات است که در هفته پنجم اتفاق افتاده است. علت آن می‌تواند کود دهی در آبیاری هفته پنجم باشد. نمودار تیمار ۵۰ گرم کلوزیت در کیلوگرم خاک نیز نسبت به تیمار شاهد عملکرد بهتری در جلوگیری از آبشویی نیترات نشان داد.




**شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کلوزیت در جلوگیری از آبشویی نیترات**

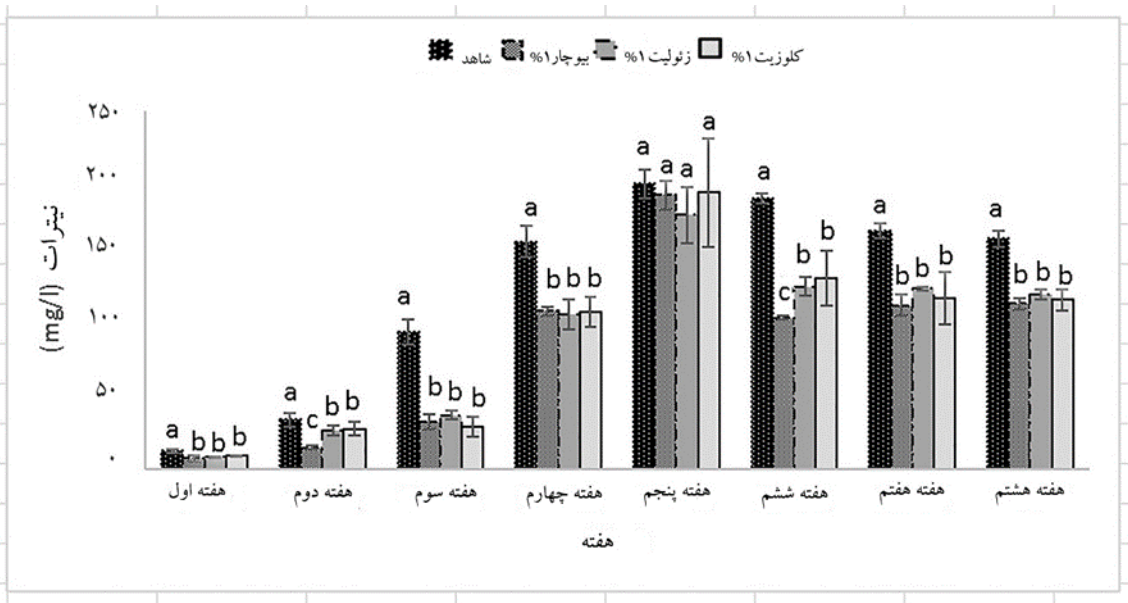
مطابق شکل ۴ بیشترین مقدار آبشویی نیترات مربوط به تیمار شاهد بود. نمودار تیمار ۵۰ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک نیز نسبت به تیمار شاهد و تیمار ده گرم زئولیت عملکرد بهتری در جلوگیری از آبشویی نیترات نشان داد. نقاط اوج نمودارها نشان‌دهنده افزون‌ترین مقدار خروجی نیترات است. هر سه نمودار، اوج نمودار را در هفته پنجم

نشان دادند. مانند تیمار بیوچار و کلوزیت، شیب نمودار نیترات خروجی در هفته اول تا چهارم (کود دهی اول) همانند هفته‌های ششم و هفتم و هشتم نبوده و نمودار یک‌روند صعودی ملایم تا هفته پنجم را نشان داد.



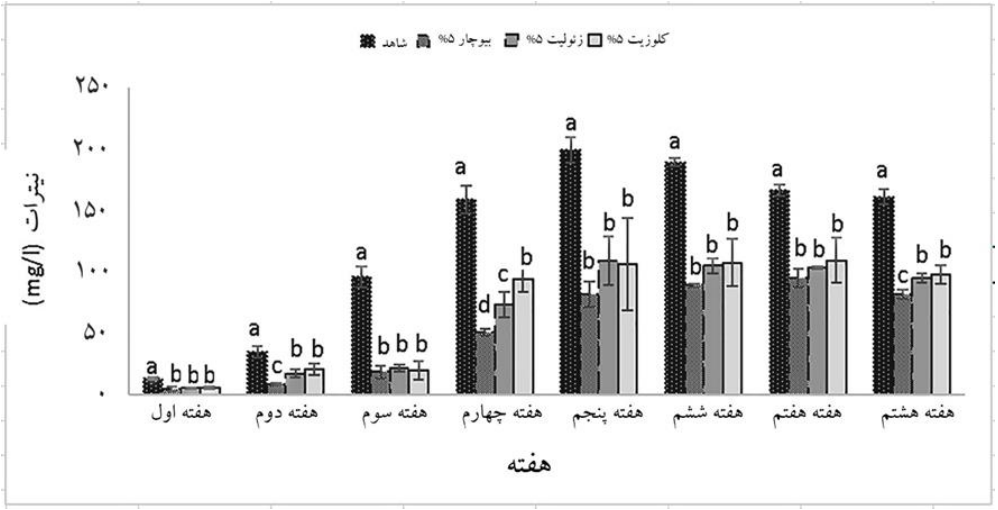

**شکل۴- تأثیر سطوح مختلف زئولیت در جلوگیری از آبشویی نیترات**

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در طول زمان آزمایش مقدار نیترات خروجی از ستون‌های خاک در تیمارهای ده گرم بیوچار، ده گرم زئولیت و ده گرم کلوزیت نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داشته است. کاهش آبشویی نیترات خاک در هر سه تیمار ده گرم بیوچار، ده گرم زئولیت و ده گرم کلوزیت اختلاف معنی‌داری نداشت. تنها در هفته‌های دوم و ششم، آبشویی نیترات خاک در تیمار ده گرم بیوچار نسبت به دو تیمار ده گرم زئولیت و ده گرم کلوزیت کاهش معنی‌داری را نشان داد.




**شکل ۵- اثر بیوچار یک درصد، زئولیت یک درصد و کلوزیت یک درصد بر میانگین غلظت نیترات زه‌آب در زمان هشت هفته، در هر هفته حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.**

شکل ۵ نشان‌دهنده کاهش مقدار نیترات آبشویی شده نسبت به بیوچار، زئولیت و کلوزیت ۱ درصد می‌باشد. با افزایش درصد بیوچار، زئولیت و کلوزیت از یک درصد به پنج درصد، مقدار نیترات آبشویی شده کاهش قابل‌توجهی داشته است. با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌شود در طول زمان آزمایش مقدار نیترات خروجی از ستون‌های خاک در تیمارهای پنجاه گرم بیوچار، پنجاه گرم زئولیت و پنجاه گرم کلوزیت نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داشته است. در تمام هفته‌های آزمایش، تیمار پنجاه گرم بیوچار کمترین مقدار آبشویی نیترات را نسبت به تیمار پنجاه گرم زئولیت و پنجاه گرم کلوزیت داشته است. این اختلاف تنها در هفته دوم، چهارم و هشتم معنی‌دار بود.




**شکل ۶- اثر بیوچار پنج درصد، زئولیت پنج درصد و کلوزیت پنج درصد بر میانگین غلظت نیترات زه‌آب در زمان هشت هفته، در هر هفته حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زئولیت، کلوزیت و بیوچار در ۸ مرحلهٔ آبیاری برای هر دو تیمار یک و پنج درصد در سطح ۱ درصد بر کاهش آبشویی نیترات معنی‌دار بود (جدول ۳).

**جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت نیترات خروجی گروه کنترل با گروه‌های یک درصد و ۵ درصد در تیمارهای بیوچار، زئولیت و کلوزیت طی هفته‌های مختلف**

| تیمار بیوچار | | | تیمار زئولیت | | | تیمار کلوزیت | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تعداد هفته | درجه آزادی | میانگین مربعات | تعداد هفته | درجه آزادی | میانگین مربعات | تعداد هفته | درجه آزادی | میانگین مربعات |
| ۱ | ۲ | ۴۹/۷۸** | ۱ | ۲ | ۴۴/۳۳** | ۱ | ۲ | ۴۰/۳۳** |
| ۲ | ۲ | ۵۴۷/۱۱** | ۲ | ۲ | ۲۲۶/۳۳** | ۲ | ۲ | ۱۵۴/۷۸** |
| ۳ | ۲ | ۵۰۷۷/۴۴** | ۳ | ۲ | ۴۵۷۸/۱۱** | ۳ | ۲ | ۱۵۳۴/۷۸** |
| ۴ | ۲ | ۸۷۸۰/۱۱** | ۴ | ۲ | ۵۵۷۰/۷۸** | ۴ | ۲ | ۳۴۳۰/۱۱** |
| ۵ | ۲ | ۱۲۹۲۶/۳۳** | ۵ | ۲ | ۶۶۷۲/۳۳** | ۵ | ۲ | ۸۱۲۷/۰۰** |
| ۶ | ۲ | ۸۶۵۰/۱۱** | ۶ | ۲ | ۵۷۱۴/۳۳** | ۶ | ۲ | ۵۲۳۲/۱۱** |
| ۷ | ۲ | ۴۱۱۳/۴۴** | ۷ | ۲ | ۳۰۸۳/۴۴** | ۷ | ۲ | ۲۸۱۳/۷۸** |
| ۸ | ۲ | ۴۷۵۲/۴۴** | ۸ | ۲ | ۳۲۷۲/۱۱** | ۸ | ۲ | ۳۱۲۹/۳۳** |

**: معنی‌داری در سطح ۱ درصد

در جدول ۴ مقایسه میانگین بین سطوح مختلف ده و پنجاه گرم بیوچار در کیلوگرم خاک ارائه شده است. نتایج نشان داد که در تمام آبیاری‌ها اختلاف معنی‌داری در جلوگیری از آبشویی نیترات وجود داشت. بین سطوح مختلف ده و پنجاه درصد زئولیت در کیلوگرم خاک نیز در تمام آبیاری‌ها تفاوت معنی‌دار بود.

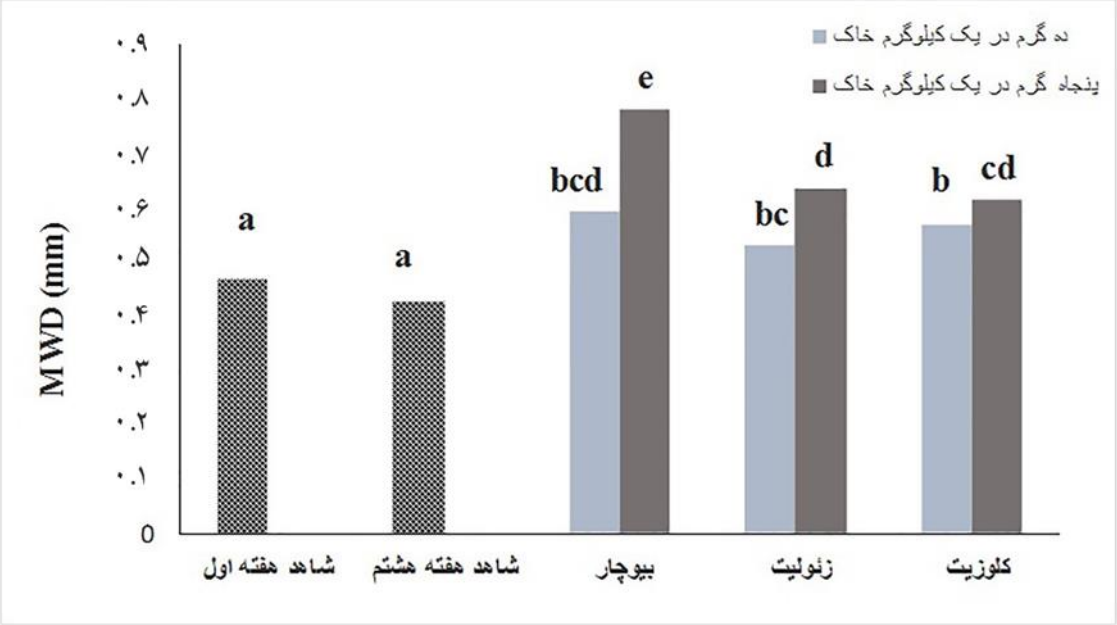
**جدول ۴- میانگین غلظت نیترات خروجی در تیمارهای بیوچار (B)، زئولیت (Z) و کلوزیت (K) در گروه‌های کنترل (0)، یک درصد (1) و پنج درصد (5) طی هفته‌های مختلف**

| هفته آبیاری | تیمار بیوچار | غلظت نیترات خروجی (میلی‌گرم بر لیتر) | هفته آبیاری | تیمار زئولیت | غلظت نیترات خروجی (میلی‌گرم بر لیتر) | هفته آبیاری | تیمار کلوزیت | غلظت نیترات خروجی (میلی‌گرم بر لیتر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B0 a* | ۱۳/۰۰ | | Z0 a | ۱۳/۰۰ | | K0 a | ۱۳/۰۰ |
| ۱ | B1 b | ۷/۶۶ | ۱ | Z1 b | ۸/۶۶ | ۱ | K1 b | ۹/۳۳ |
| | B5 c | ۵/۰۰ | | Z5 c | ۵/۳۳ | | K5 c | ۵/۶۶ |
| | B0 a | ۳۴/۶۶ | | Z0 a | ۳۴/۶۶ | | K0 a | ۳۴/۶۶ |
| ۲ | B1 b | ۱۵/۳۳ | ۲ | Z1 b | ۲۷/۰۰ | ۲ | K1 b | ۲۸/۳۳ |
| | B5 c | ۸/۶۶ | | Z5 c | ۱۷/۳۳ | | K5 c | ۲۰/۳۳ |
| | B0 a | ۹۶/۰۰ | | Z0 a | ۹۶/۰۰ | | K0 a | ۹۶/۰۰ |
| ۳ | B1 b | ۳۳/۰۰ | ۳ | Z1 b | ۲۸/۰۰ | ۳ | K1 b | ۲۹/۶۶ |
| | B5 c | ۱۸/۶۶ | | Z5 c | ۲۱/۶۶ | | K5 c | ۲۰/۰۰ |
| | B0 a | ۱۵۹/۰۰ | | Z0 a | ۱۵۹/۰۰ | | K0 a | ۱۵۹/۰۰ |
| ۴ | B1 b | ۱۱۰/۶۶ | ۴ | Z1 b | ۱۰۸/۰۰ | ۴ | K1 b | ۱۱۰/۳۳ |
| | B5 c | ۵۱/۰۰ | | Z5 c | ۷۳/۳۳ | | K5 c | ۹۴/۰۰ |
| | B0 ab | ۱۹۹/۳۳ | | Z0 a | ۱۹۹/۳۳ | | K0 ab | ۱۹۹/۳۳ |
| ۵ | B1 ba | ۱۹۱/۶۶ | ۵ | Z1 b | ۱۷۷/۶۶ | ۵ | K1 ba | ۱۹۳/۳۳ |
| | B5 c | ۸۲/۰۰ | | Z5 c | ۱۰۹/۰۰ | | K5 c | ۱۰۶/۳۳ |
| | B0 a | ۱۸۹/۳۳ | | Z0 a | ۱۸۹/۳۳ | | K0 a | ۱۸۹/۳۳ |
| ۶ | B1 bc | ۸۹/۰۰ | ۶ | Z1 b | ۱۲۷/۶۶ | ۶ | K1 b | ۱۳۳/۳۳ |
| | B5 cb | ۱۶۶/۶۶ | | Z5 c | ۱۰۵/۰۰ | | K5 c | ۱۰۷/۶۶ |
| | B0 a | ۱۱۴/۶۶ | | Z0 a | ۱۶۶/۶۶ | | K0 a | ۱۶۶/۶۶ |
| ۷ | B1 b | ۹۵/۰۰ | ۷ | Z1 b | ۱۲۶/۳۳ | ۷ | K1 bc | ۱۱۹/۳۳ |
| | B5 c | ۱۶۱/۰۰ | | Z5 c | ۱۰۳/۳۳ | | K5 cb | ۱۰۹/۳۳ |
| | B0 a | ۱۱۵/۶۶ | | Z0 a | ۱۶۱/۰۰ | | K0 a | ۱۶۱/۰۰ |
| ۸ | B1 b | ۸۱/۶۶ | ۸ | Z1 b | ۱۲۲/۰۰ | ۸ | K1 b | ۱۱۸/۳۳ |
| | B5 c | | | Z5 c | ۹۵/۳۳ | | K5 c | ۹۷/۶۶ |

*حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد

**اثر بیوچار، زئولیت و کلوزیت بر پایداری خاک‌دانه‌ها**

در پایان آزمایش و پس از هشت هفته از اضافه شدن تیمارها به خاک مورد آزمایش، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در نمونهٔ شاهد و تیمارها اندازه‌گیری و با میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌های نمونه شاهد قبل از آزمایش و بعد از پایان آزمایش مقایسه شد. در شکل ۷ نتایج این مقایسه‌ها ارائه شده است.




**شکل ۷- مقایسه میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در تیمارهای مورد مطالعه با شاهد. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد**

هشت هفته پس از انجام آزمایش میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در نمونه شاهد، ۰/۴۳ میلی‌متر بود. با توجه به نتایج اثر بیوچار، زئولیت و کلوزیت در تغییر میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها معنی‌دار بود. افزون‌ترین مقدار افزایش میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها نسبت به شاهد در بیوچار پنج درصد وزنی به‌اندازه ۳۶ درصد مشاهده شد. اثر زئولیت، کلوزیت و بیوچار در هر دو تیمار یک و پنج درصد در سطح پنج درصد برافزایش پایداری خاک‌دانه نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار بود.

## بحث

تحقیقات انجام‌شده توسط پژوهشگران بیانگر این موضوع می‌باشد که بیوچار به‌طور بالقوه برای حفظ نیترژن در خاک، ترسیب کربن خاک، جلوگیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای و افزایش حاصلخیزی خاک به‌کار می‌رود (Ding *et al.*, 2010؛ Yang *et al.*, 2018). Shahbazi و همکاران (۱۴۰۰)، در بررسی مقدار آبشویی نیترات از خاک با کاربرد بیوچار باگاس نیشکر و کود کندرها نتایج مشابهی به‌دست آورده‌اند. هم‌چنین Kohi و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی اثر بیوچار کلزا، گندم و ترکیب آن‌ها برجذب و آبشویی نیترات از خاک نشان داده‌اند که افزودن بیوچار به خاک در هر دو سطح دو و چهار درصد به‌ویژه بیوچار ترکیبی، موجب کاهش معنی‌دار مقدار آبشویی نیترات نسبت به تیمار شاهد شده است. نتایج تحقیق (Xu *et al.*, 2016) نشان داد که آبشویی نیترات با استفاده از مقدارهای بیوچار کاه ذرت ۲ و ۴ درصد وزنی خاک به ترتیب ۱۸ و ۱۹ درصد کاهش یافته است. نتایج استفاده از بیوچار در کاهش آبشویی نیترات در این پژوهش با نتایج پژوهش Partovi و همکاران (۱۳۹۹) که تأثیر کاربرد بیوچار و کاه و کلش گندم بر غلظت آبشویی نیتروژن را بررسی کرده‌اند مطابقت داشته است. هم‌چنین بررسی‌های انجام شده توسط Ghorbani و همکاران (۱۳۹۴) و Makhosazana و همکاران (۲۰۲۰) نشانگر تأثیر مثبت کاربرد بیوچار در کاهش مقدار آبشویی نیترات از خاک بوده است.

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر زئولیت و کلوزیت در تمام ۸ مرحلهٔ آبیاری برای هر دو تیمار یک و پنج درصد در سطح ۱ درصد بر کاهش مقدار آبشویی نیترات معنی‌دار بود. تیمار ده و پنجاه گرم زئولیت در کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد در جلوگیری از آبشویی نیترات موفق بود. نتایج این تحقیق با مشاهدات Perez و همکاران (۲۰۰۸) و Abedi و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت دارد هر چند که آن‌ها اثر زئولیت بر آبشویی نیترات را در شرایط اشباع مورد مطالعه قرار داده‌اند. Khodarahmi و همکاران

(۱۳۹۸) اثر زئولیت بر کاهش مقدار آبشویی نیترات در یک خاک لومی در شرایط غیر اشباع مورد بررسی قرارداده‌اند. بر طبق اظهارات آن‌ها تیمارهای دو و پنج گرم زئولیت در کیلوگرم خاک به ترتیب ۲۰ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد در جلوگیری از آبشویی نیترات از خاک مؤثر بوده‌اند. Koohi و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی اثر بیوچار کلزا، گندم و ترکیب آن‌ها برجذب و آبشویی نیترات از خاک نشان داده‌اند که افزودن بیوچار به خاک در هر دو سطح ۲ و ۴ درصد به‌ویژه بیوچار ترکیبی موجب کاهش معنی‌دار مقدار آبشویی نیترات از خاک نسبت به تیمار شاهد بوده است.

به‌طورکلی، این تحقیق نشان که کاربرد هر سه تیمار بیوچار، زئولیت و کلوزیت برای کاهش مقدار آبشویی نیترات از خاک نتیجه نسبتا یکسانی را به‌دست داده و در هر سه تیمار کاهش مقدار آبشویی نیترات از خاک نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار است. هم‌چنین افزون‌ترین مقدار کاهش آبشویی نیترات با کاربرد مقدار پنج درصد وزنی بیوچار، زئولیت و کلوزیت به‌دست آمده است.

پایداری خاک‌دانه‌ها به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم ساختمان خاک بر برخی از ویژگی‌های دیگر خاک همانند فرسایش‌پذیری خاک، نفوذپذیری خاک و ایجاد سله در سطح خاک تأثیر می‌گذارد. بررسی نتایج تحقیقات در ادبیات علمی جهان نشان می‌دهد که افزودن ذرات معدنی و بیوچار به خاک اثرات متفاوتی بر میزان پایداری خاک‌دانه‌ها اعم از مثبت و منفی دارد. افزودن بیوچار حاصل از برگ خرما به خاک پس از یک ماه سبب بهبود پایداری خاک شده است (Nasimi *et al.*, 1398). این نتیجه با مشاهدات Liu و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت ندارد. بررسی‌های انجام‌شده توسط Liu و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده است که افزودن بیوچار به خاک‌های با شن بیش از ۱۷ درصد اثر معنی‌داری در بهبود پایداری خاک‌دانه‌ها در خاک ندارد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر افزودن بیوچار و ذرات معدنی زئولیت و کلوزیت به خاک موجب افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها به شکل معنی‌داری شده است. این نتیجه با نتایج پژوهش Abrishamkesh و همکاران (۱۳۹۹) که اثر کاربرد سوسپانسیون بیوچار بر ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی دو خاک حساس به فرسایش را بررسی کرده‌اند مطابقت داشته است. هم‌چنین Blanco-Canqui (۲۰۱۷) با مروری بر منابع گزارش کرد که در غالب مطالعات انجام‌شده بیوچار سبب افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها شده است. اما در برخی مطالعات، افزودن بیوچار به خاک تأثیر معنی‌داری بر پایداری خاک‌دانه‌ها نداشته است. هم‌چنین بررسی‌های انجام‌شده توسط Usoli و همکاران (۱۴۰۰) نشانگر تأثیر مثبت کاربرد بیوچار کاه گندم، ورمی کمپوست و چوب زردآلو در افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بوده است. به طور کلی نتایج حاصل شده از این تحقیق نشان داد که افزودن بیوچار و نانو ذرات معدنی به خاک در سطح پنج درصد وزنی موجب کاهش معنی‌دار مقدار آبشویی نیترات از خاک شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده افزودن بیوچار به خاک سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک و کاهش مقدار آبشویی نیترات از خاک می‌شود. هم‌چنین با افزایش مصرف زئولیت و کلوزیت پایداری خاک‌دانه‌ها افزون‌تر شده و مقدار نیترات خروجی از ستون خاک کم شده است. این موضوع موجب کاهش آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی به نیترات خواهد شد.

به‌طورکلی، نتایج پژوهش حاضر بیانگر تاثیر مثبت کاربرد زئولیت و کلوزیت و بیوچار در کاهش مقدار آبشویی نیترات از خاک است. با ثابت در نظر گرفتن عوامل دیگر، در هر سه تیمار اهمیت بیوچار افزون‌تر از زئولیت و اهمیت زئولیت افزون‌تر از کلوزیت در کاهش مقدار آبشویی نیترات خاک بود. هم‌چنین افزون‌ترین مقدار کاهش آبشویی نیترات با کاربرد مقدار پنج درصد وزنی بیوچار، زئولیت و کلوزیت به‌دست آمده است. استفاده از بیوچار به‌عنوان بهبوددهنده خاک و استراتژی کاهش تغییرات آب و هوایی در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. مصرف بیوچار در مقایسه با اصلاح کننده‌های معدنی نظیر زئولیت و کلوزیت موجب کاهش افزون‌تر مقدار آبشویی نیترات از خاک می‌گردد و می‌تواند به‌عنوان یک عامل کاهش‌دهنده آزاد شدن کربن در اتمسفر در طولانی‌مدت عمل کند. این موضوع در مطالعات آزمایشگاهی و میدانی در مورد کاهش مقدار انتشار گازهای گل‌خانه‌ای تحت شرایط خاص به اثبات رسیده است. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود برای بهبود ویژگی‌های خاک همانند پایداری خاک‌دانه‌ها، کاهش مقدار آبشویی نیترات از خاک و به دنبال آن کاهش مقدار

انتشار گازهای گل‌خانه‌ای در اولویت اول از بیوچار و در اولویت‌های بعدی از نانو ذرات معدنی استفاده شود.

## تقدیر و تشکر

این پژوهش باحمایت مالی دانشگاه شهرکرد انجام شده است. بدین وسیله از دانشگاه شهرکرد جهت فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی برای اجرایی شدن این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

1. **Abedi Kopai, j., Mousavi, S.F. and Motamadi, A., 1389.** Investigating the effect of using clinopti-lolite zeolite in reducing leachate leaching from soil. Water and Wastewater Journal, No. 3, page 51-57.
2. **Abrishmakesh, S., Fazli Sangani, M., Ramzanpour, H., Nowrozi, M. and Shabani, A., 1399.** The effect of using biochar suspension on the physical and chemical properties of two soils sensitive to erosion. Environmental Erosion Research, Volume 10 (Number 1), Pages 58-78.
3. **Angers, D.A. and Mehuys, G.R., 1993.** Aggregate stability to water. In: Carter M. R. (Eds.) Soil Sampling and Methods of analysis. Lewis Publishers, Boca Raton. pp. 651-657.
4. **Blanco-Canqui, H., 2017.** Biochar and soil physical properties. Soil Science Society of America Journal 81(4): 687-711.
5. **Carter, M.R. and Gregorich, E.G., 1993.** Soil Sampling and Methods of analysis. Lewis Publishers, Boca Raton.198pp.
6. **Chen, H. and Yada, L., 2011.** Nanotechnologies in agriculture: new tools for sustainable development. Trends in Food Science and Technology. 22: 585-94.
7. **Ding, Y., Liu, Y.X., Wu, W.X., Shi, D.Z., Yang, M. and Zhong, Z.K., 2010.** Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. Water, Air, and Soil Pollution, 213 (1–4) :47–55.
8. **Ghorbani M. Asadi H. and Abrishamkesh S. 1394.** The effect of rice paddy husk biochar (biochar) on nitrate leaching in a clay soil. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), Volume 29 (Number 4), Pages 412-434.
9. **Hazelton, P. and Murphy, B., 2007.** Interpreting soil test results. CSIRO publishing. p. 169.
10. **Jafari Haghighi M. 1382.** Analysis methods: sampling and important physical and chemical analyzes with emphasis on theoretical and practical principles. Nedaya Zahi Publications. 187 pages.
11. **Junhao, K., Qin, A., Niu, Q., Yanqing, L. and Chuxia, L., 2020.** Effect of fertilizer doses on nitrate-nitrogen leaching. Journal of Agriculture and Biology. 1(4):356-358.
12. **Khodarahmi, Y., Soltani Mohammadi, A., Borumandnasab, S. and Naseri, A., 1398.** The effect of zeolite and super absorbent on the reduction of nitrate leaching in a loam soil under unsaturated conditions. Iran water and soil research, volume 50 (number 7).
13. **Kohi, Z., Frosty, M., Seidian, M. and Qolizadeh, A., 1397.** The effect of biochar on nitrate absorption from soil, 13th International Symposium on Advances in Science and Technology: Sustainable Land, Civil and Environmental Engineering, Mashhad.
14. **Laird, W.R., 2010.** Improving nitrogen use efficiency for creal production. Agronomy Journal, 91(3): 357-363.
15. **Liu, Q., Liu, B., Zhang, Y., Lin, Z., Zhu, T., Sun, R., Wang, X., Ma, J., Bei, Q., Liu, G., Lin, X. and Xie, Z., 2017.** Can biochar alleviate soil compaction stress on wheat growth and mitigate soil $N_2O$ emissions? Soil Biology and Biochemistry. 104: 8-17.
16. **Makhosazana, P., Aghoghovwia Ailsa, G., Hardie, M. and Andrei, B., Rozanov, R. 2020.** Characterisation, adsorption and desorption of ammonium and nitrate of biochar derived from different feedstocks, Environmental Technology. DOI: 10.1080/09593330.2020.1804466.
17. **Mamedov, A.I., Huang, C.H., Aliev, F.A. and Levy, G.J., 2017.** Aggregate stability and water retention near saturation characteristics as affected by soil texture, aggregate size and polyacrylamide application. Land Degradation and Development. 28(2). pp. 543-552.
18. **Maurice, M. and Hochella, L., 2008.** Nitrogen fertilizer movement in the soil as influenced by nitrogen rate and timing in irrigated wheat. Soil Sicence Society of American Journal. 64(5): 1883-1892.
19. **Nasabian, Sh., Qureshi Abhari, c., Farah Avar, F. And Daman keshideh, M., 1390.** Investigating the comparative advantage of corn production in Iran, Economic Modeling, Volume 5 (Number 1), Pages 109-124.
20. **Nasimi, P., Karimi, A. and Motaghian, H., 1398.** Effects of date leaf biochar on saturated hydraulic conductivity and moisture coefficients of sandy loam soil. Iranian water research journal, volume 13 (number 3), pages 161-171.
21. **Partovi, Z., Ramadani etedali, H. and Kaviani, A., 1399.** The effect of using biochar and wheat straw and stubble on nitrogen leaching concentration. Iranian Irrigation and Drainage Journal, Volume 14 (Number 2), Pages 355-365.
22. **Shahbazi, Y., Mirlatifi, M. and Hasan Aghli, A., 1400.** Investigating the leaching rate of nitrate from soil using sugarcane bagasse

biochar and frankincense fertilizer. Iran Water and Soil Research, No. 52 (No. 8), pages 2236-2227.

23. **Shermeen, K. and Marschner, P., 2017.** Fluctuation of nitrogen levels in soil profile under condition of a long-term fertilization experiment. Journal of Plant Soil and Environment. 54(5): 197-203.
24. **Summer, M.E. and Miller, W.P., 1996.** Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: D.L. Sparks et al. (Eds). Methods of soil analysis. Part 3. 3rd Ed. PP. 1201-1229.
25. **Usoli, H., Karimi, A., Shirani, H. and Tabatabayi, H., 1400.** Effect of type, size and amount of biochar on some physical and mechanical properties of calcareous soil. Journal of Water and Soil Resources Protection, 1, pages 113-128.
26. **Walkley, A. and Black, I.A., 1934.** An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.
27. **Xu, N., Tan, G., Wang, H. and Gai, X., 2016.** Effect of Biochar Additions to Soil on Nitrogen Leaching, Microbial Biomass and Bacterial Community Structure. European Journal of Soil Biology. 74: 6. 1-8.
28. **Yang, S., Wang, Y., Liu, R., Li, Q. and Yang, Z., 2018.** Effects of straw application on nitrate leaching in fields in the Yellow River irrigation zone of Ningxia, China. Scientific Reports, 8(1). 954.
29. **Zarinkafsh, M., 1371.** Applied soil science. Tehran University Press, 247 pages.

2023, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

**Environment & Interdisciplinary Development**
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

# Investigating the Effect of Nano-Clay Particles and Biochar on Nitrate Leaching and Soil Aggregate Stability

**Mahmood Kasaei[1], Nasrin Gharahi[2*], Rafat Zare Bidaki[1]**

**1- Department of Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Iran**
**2*- Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Iran**

**Original Article**

**Received:** 2023.03.12

**Accepted:** 2023.07.15

**Keywords:**
Nitrate Leaching
Soil
Biochar
Zeolite
Cloisite
Pollution

## Abstract

**Introduction:** Nitrogen is the nutrient in plants production which usually can be added as a fertilizer into the soil. Nitrate is one of the pollutants which is mainly caused by agricultural activities which contaminants groundwater and surface water and threatens human health. Investigating an effective factor on water and minerals movement in soil and applying the new modifiers such as inorganic nanoparticles and biochar might be useful in reducing nitrate leaching and avoiding underground waters pollutions. Due to this difficulty, some situations to preserve nitrogen in the upper layers of soil such as increasing the absorbent surfaces for minerals, zeolite modifier, and biochar are considered by researchers. As many research have been conducted on using biochar in agricultural systems in terms of organic carbon sequestration in soil and reducing the greenhouse gases, its influence on other processes such as nitrate leaching has been considered as well. The purpose of this study was to investigate the effect of mineral nano-particles and biochar on nitrate leaching in soil and aggregate stability.

**Materials and Methods:** This study had been conducted in the laboratory in faculty of natural resources and geology science, Shahrekord University. Treatments in this study included zeolite, cloisite, and biochar at three levels. PVC pipes with 3 cm in diameter and 40 cm in height were used for the soil columns. Urea fertilizer included 46% pure nitrogen was applied to the soil columns. The amount of the Urea fertilizer was employed as an applied fertilizer for corn plants (200 g Nitrogen per hectare). Urea fertilizer was added as a solution to the soil in irrigation 1, and 5 from irrigation events. At the end of each irrigation event, nitrate effluent was measured using Spectrophotometry method.

**Results and Discussion:** The results showed a significant reduction of nitrate leaching in treatments, 1g biochar, 1g zeolite, and 1g cloisite compared to the



* Corresponding Author's email: nasrin.gharahi@sku.ac.ir

control treatment. There was no significant difference between reduction of nitrate leaching in the three treatments, 1g biochar, 1g Zeolite, and 1g cloisite. Furthermore, nitrate leaching in treatments, 5g biochar, 5g zeolite, and 5g cloisite compared to the control treatment was decreased significantly. In all irrigations, 5g biochar had the smallest amount of nitrate leaching comparing 5g zeolite, and 5g Clozite. In general, the results showed that nitrate leaching would be decreased significantly by adding biochar and mineral nano-particles (5%) into the soil. According to the present results and previous findings, it can be mentioned that adding biochar into the soil will cause improving the soil physical properties and reducing nitrate leaching. Thus, we show here, that biochar and nano-particles soil application decreased nitrate leaching and enhanced soil aggregate stability.