بهبود برخی خواص فیزیکی خاک با استفاده از مواد اصلاح‌کننده (مطالعه موردی: دشت عتابیه، خوزستان)

هناحویزاوی **رایانامه:** natric120@gmail.com
دانش آموخته مهندسی کشاورزی، فیزیک وحفاظت خاک، دانشگاه شاهد تهران، ایران

علیرضا جعفرنژادی
عضو هیأت علمی بخش خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

ویراستار ترویجی:
حسام الدّین غلامی

چکیده

خواص فیزیکی و به‌ویژه ساختمان خاک نقش به‌سزایی در افزایش بهره‌وری خاک و میزان عملکرد محصولات کشاورزی دارند. بر این اساس آزمایشی با هدف امکان بهبود ساختمان خاک با استفاده از مواد اصلاح‌کننده در دشت آزادگان خوزستان (منطقه عتابیه شمالی) در قالب فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار (بهبوددهنده‌های ساختمان خاک) در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای بهبوددهنده شامل ماده آلی (باگاس فرآوری شده نیشکر (به مقدار ۱۰ تن در هکتار)، سوپر جاذب (به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار)، کود بیولوژیک نیتروکسین و باگاس (به میزان یک لیتر در هکتار نیتروکسین و پنج تن در هکتار باگاس)، فیلتر کیک (به میزان پنج تن در هکتار)، گچ (به میزان ۱۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد، مورد استفاده قرار گرفتند. ویژگی‌های خاک شامل چگالی ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و نفوذپذیری در دو عمق (۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) برای تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شدند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد؛ تیمارهای مورد مطالعه از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بودند. تیمار نیتروکسین + باگاس باعث افزایش ۴۹/۲ درصدی میزان تخلخل در مقایسه با تیمار شاهد شد. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) نیز در تیمارهای مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد. این ویژگی در فیلترکیک با میانگین ۰/۹۸ میلی‌متر، بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که در بین اصلاح کننده‌های مورد آزمایش، ترکیب کود بیولوژیکی نیتروکسین و ماده آلی باگاس نیشکر (به میزان پنج تن در هکتار) باعث تعدیل اثرات منفی ناشی از تخریب ساختمان و خواص فیزیکی خاک شد.

کلیدواژه‌ها: خواص فیزیکی خاک، مواد اصلاح کننده، کود بیولوژیک، مواد آلی

مقدمه

عواقب در نظر نگرفتن اصول صحیح عملیات زراعی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه و استفاده نامناسب از آب، خاک و کشت‌های بی‌رویه به‌ویژه در خاک‌هایی که توان زهکشی ضعیفی دارند، باعث تخریب اراضی می‌شود. افزایش مقاومت خاک در برابر نفوذ آب و ریشه گیاه، عدم امکان خاک‌ورزی مناسب، افزایش غلظت املاح در محلول خاک و به‌طورکلی مشکلات رشد گیاه برخی از تأثیرات تخریب اراضی است. به‌دلیل محدودیت‌های موجود در خاک‌های شور و سدیمی، ضرورت اصلاح و احیاء این گونه اراضی که پتانسیل و قابلیت کشت و کار در آنها وجود دارد، ضروری است. برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، روش‌های متفاوتی توسط محققان استفاده شده است یکی از این راهکارها افزایش مواد آلی است. مواد آلی باعث بهبود ساختمان خاک می‌شوند. افزودن این مواد به خاک‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل افزایش حلالیت آهک و بهبود شرایط ساختمان و افزایش نفوذپذیری خاک، سبب اصلاح خاک‌ها در این شرایط خواهد شد.

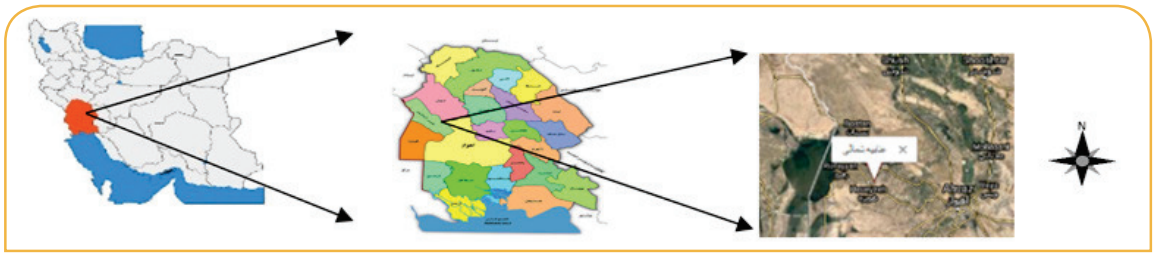
کاهش مواد آلی در خاک‌ها به‌دلایل مختلف از جمله سوزاندن مواد آلی مثل بقایای کشت قبلی، عدم رعایت تناوب زراعی، عدم استفاده از کودهای سبز و به‌طور کلی عدم مدیریت صحیح استفاده از خاک اتفاق می‌افتد و سبب تخریب ساختمان خاک و افزایش چگالی ظاهری می‌شود. چگالی ظاهری عبارت است از وزن واحد حجم خشک خاک در شرایط طبیعی و واحد آن بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب خاک است. ماده آلی در خاک هم در تشکیل خاکدانه و هم در پایداری آن تأثیر مثبت دارد.

در پژوهشی مشخص شده است که کاربرد فیبر باگاس می‌تواند به‌عنوان یک عامل در تقویت و تثبیت خاک، در سطح گسترده مورد استفاده قرار گیرد. مورتزا و همکاران (۲۰۰۵) در یک خاک شور-سدیمی در پاکستان نتیجه گرفتند که گچ به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز گچی نسبت به کود حیوانی به مقدار ۲۵ تن در هکتار، تأثیر بیش‌تری در اصلاح خاک دارد.

استان خوزستان دارای زمین‌های کشاورزی با حاصلخیزی بالا است. اما در برخی مناطق مانند دشت آزادگان (دشت عتابیه) تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک به‌دلایل مختلف مانند عملیات تسطیح نامناسب، کمبود شدید مواد آلی و مدیریت نامناسب کشت باعث بروز مشکلاتی برای بهره‌برداران و کاهش عملکرد شده است. همچنین این زمین‌ها از نظر وضعیت شوری و سدیمی نیز در وضعیت نامطلوبی قرار دارند. هدف از اجرای پژوهش حاضر، بهبود و اصلاح خاک‌های دشت آزادگان استان خوزستان (دشت عتابیه) با استفاده از منابع مختلف مواد آلی (طبیعی و سنتزی) و نیز بهره‌گیری از مواد زیستی (بیولوژیک) بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۶ در منطقه دشت آزادگان استان خوزستان (دشت عتابیه) انجام شد (شکل ۱). به‌منظور بررسی وضعیت خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، از محل اجرای آزمایش، نمونه‌برداری مرکب (از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) انجام شد. با توجه به وضعیت خاک، بخشی از مزرعه برای اعمال تیمارهای اصلاح وضعیت فیزیکی لایه سطحی خاک به عمق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متر، در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است که بر این اساس، این خاک، در طبقه خاک‌های شور- سدیمی بود. به‌دلیل مجاورت منطقه با کانال زهکش اصلی و وجود مشکل در این کانال، تخلیه آب از این سیستم زهکشی به‌طور کامل صورت نمی‌گرفت. عملیات آبشویی و تسطیح روی زمین انجام نشده بود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه عتابیه دشت آزادگان خوزستان

جدول ۱- تجزیه خاک محل آزمایش

نمونه	شوری (dS/m)	pH	بافت خاک	نسبت جذب سدیم
۱	۵۱	۷/۸	رسی	۴۵/۳
۲	۴۸/۵	۸/۲	لوم رسی	۴۶/۹

طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل (عمق و تیمارهای اصلاح کننده) و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متر به‌عنوان فاکتور اول و شش تیمار شامل شاهد، فیلتر کیک (پنج تن در هکتار)، گچ (۱۰ تن در هکتار)، ماده آلی باگاس (تفاله نیشکر) (۱۰ تن در هکتار)، کود بیولوژیک نیتروکسین همراه باگاس نیشکر (یک لیتر در هکتار نیتروکسین و پنج تن در هکتار باگاس) و سوپر جاذب (۲۵ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. کرت‌های آزمایشی به مساحت ۱۲ مترمربع تعیین و مواد مورد مطالعه به‌طور یکنواخت با خاک سطحی مخلوط شد (شکل ۲). فیلتر کیک عبارت است از گل صافی، ماده‌ای که در طی فرآیند تولید شکر از نیشکر تولید شده و حاوی مواد آلی و معدنی است.

پس از آبیاری کرت‌های آزمایشی در بازه‌های زمانی مشخص، نمونه‌برداری از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری به تعداد ۱۴۴ نمونه خاک انجام شد. سپس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر میانگین وزنی قطرخاکدانه‌ها به‌روش الک خشک، چگالی ظاهری به‌روش استوانه و نمونه دست‌نخورده (شکل ۳) و مقدار نفوذ آب در خاک از طریق روش استوانه مضاعف تعیین شد (شکل ۴).

شکل ۲- مخلوط کردن مواد با خاک و آبیاری کرت‌ها

شکل ۳- اندازه‌گیری چگالی ظاهری به روش نمونه دست‌نخورده و توزین استوانه‌ها

اطلاعات نفوذ تجمعی، از طریق رگرسیون غیرخطی به مدل‌های نفوذ برازش داده شده و ضرایب مدل‌ها مشخص شدند. معادله کوستیاکوف (معادله ۱) برای تخمین سرعت نفوذ در مراحل اولیه نفوذ به‌کار برده می‌شود و برای مراحل پایانی نفوذ کاربرد مؤثری ندارد. معمولاً مقدار نفوذ محاسبه شده با این روش از مقدار اندازه‌گیری شده کم‌تر می‌شود و اگر زمان به سمت بی‌نهایت میل کند، سرعت نهایی نفوذ صفر خواهد شد؛ اما در معادله کوستیاکوف- لوییس (معادله ۲) سرعت هرگز صفر نمی‌شود و در نهایت به مقدار ثابتی خواهد رسید که در تطابق با آزمایش صحرایی بوده و به‌این دلیل در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

شکل ۴- اندازه‌گیری مقدار نفوذ آب به خاک به روش استوانه مضاعف

$$I=at^b \quad (۱)$$

$$I=at^b+Ct \quad (۲)$$

a و b: ضرایب تجربی

t: زمان بر حسب دقیقه

C: سرعت نفوذ نهایی بر حسب سانتی‌متر بر دقیقه

I: نفوذ تجمعی بر حسب سانتی‌متر

پس از انجام مطالعات صحرایی و تجزیه‌های آزمایشگاهی، اطلاعات حاصل، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد. مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد مطالعه با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

چگالی ظاهری

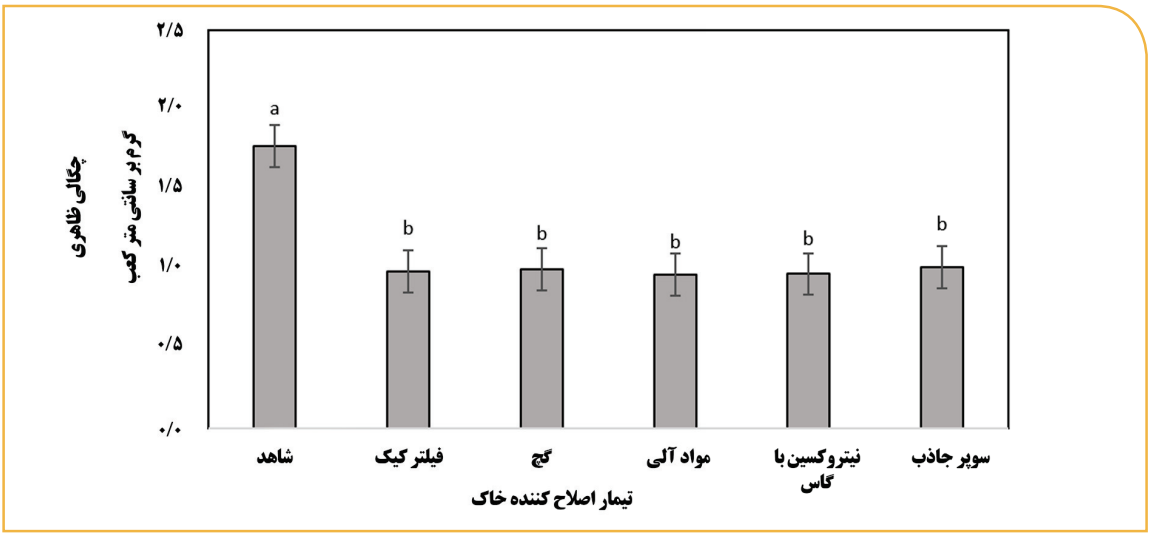
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر عمق نمونه‌برداری و تیمارهای اصلاح‌کننده بر چگالی ظاهری به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

در مقایسه میانگین اثر اصلاح کننده‌های خاک، تیمار شاهد با چگالی ظاهری ۱/۷۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب دارای بیش‌ترین و تیمارهای اصلاح کننده خاک دارای کم‌ترین میانگین این ویژگی بودند. تفاوت تیمارهای اصلاح کننده با شاهد معنی‌دار ولی تفاوت آنها با هم‌دیگر معنی‌دار نبود (شکل ۵). میانگین مقدار چگالی ظاهری در خاک‌های معدنی ۱/۶-۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. درصد کاهش چگالی ظاهری تیمارهای اصلاح کننده خاک یعنی فیلترکیک، گچ، باگاس نیشکر، نیتروکسین و باگاس و سوپر جاذب در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۴۴/۲، ۴۳/۵، ۴۵/۴، ۴۵/۱ و ۴۲/۹ درصد بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر عمق و اصلاح خاک بر تخلخل کل و چگالی ظاهری خاک منطقه دشت آزادگان خوزستان (دشت عتابیه)

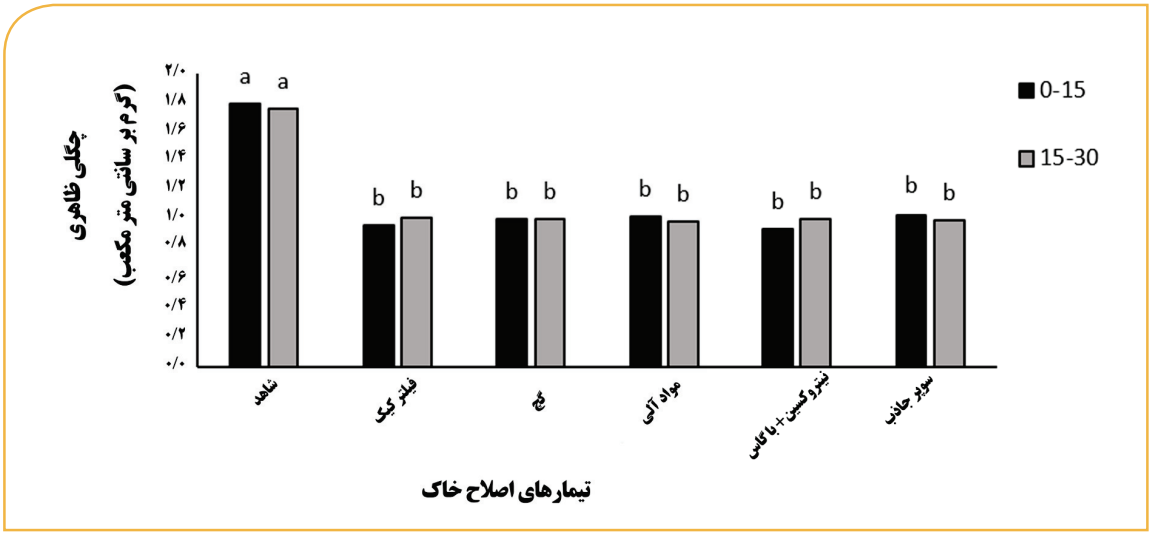
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		تخلخل کل	چگالی ظاهری
تکرار	۲	$0/21^{n.s}$	$0/06^{n.s}$
عمق	۱	$0/2^{n.s}$	0/92*
تیمار اصلاح‌کننده خاک	۵	0/107**	1/27**
عمق × تیمار	۵	$0/005^{n.s}$	0/033*
خطا	۲۴	0/005	0/002
ضریب تغییرات (%)	---	18/9	27/4

ns ، *و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۵- مقایسه میانگین تغییرات چگالی ظاهری خاک تحت تیمارهای اصلاح‌کننده خاک به روش توکی ($P \leq 0/50$)

مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمار اصلاح‌کننده و عمق خاک برای چگالی ظاهری در شکل ۶ نشان داد، بین تیمار شاهد و تیمارهای اصلاح کننده خاک اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود داشت، اما تفاوت مقادیر چگالی ظاهری برای سایر تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین تغییرات چگالی ظاهری خاک تحت اثر برهم‌کنش عمق نمونه‌برداری و تیمار اصلاح‌کننده خاک به روش توکی ($P \leq 0/50$)

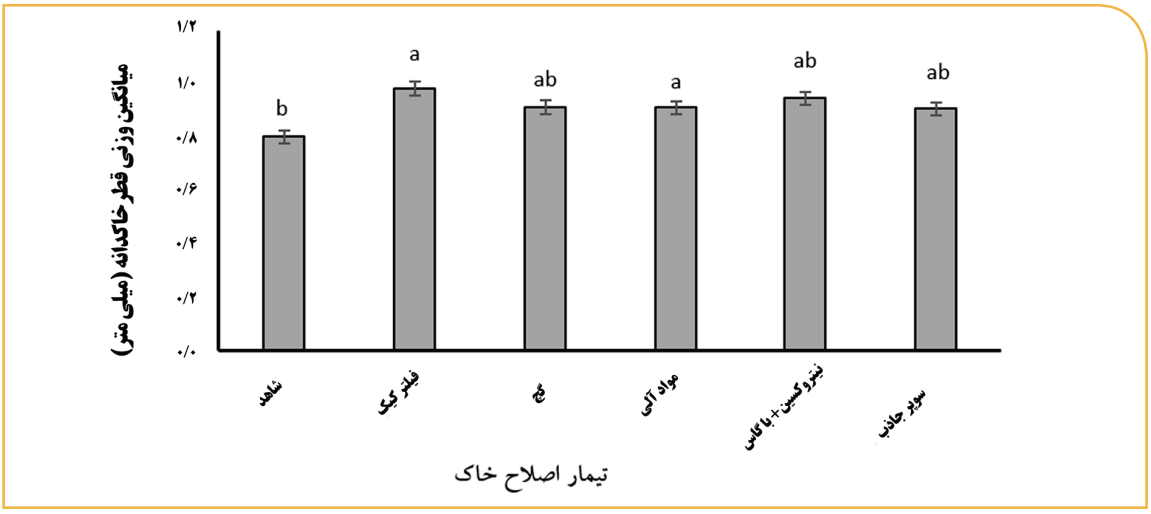
دیوبند هفشجانی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهش بررسی اثر باگاس نیشکر بر برخی خصوصیات خاک عنوان کردند میانگین چگالی ظاهری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری (عمق اختلاط با ماده آلی) در تیمارهای باگاس کاهش معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. بونانومی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند کاهش چگالی ظاهری، مربوط به مخلوط کردن یک ماده با چگالی ظاهری کم‌تر (ماده آلی) با ذرات معدنی با چگالی ظاهری بالاتر است. علاوه بر این، ماده‌آلی در حفظ و نگهداری ساختمان خاک نیز نقش دارد، بنابراین چگالی ظاهری خاک را به‌هر حال کاهش می‌دهد. ماده آلی به‌تدریج باعث افزایش تخلخل و بهبود ساختمان خاک می‌شود و در نتیجه جرم معینی از خاک در حجم بیش تری تظاهر می‌کند.

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)[1]

اثر تیمارهای اصلاح کننده خاک بر میانگین وزن قطر خاکدانه‌ها معنی‌دار بود ($P \leq 0/50$). مقایسه میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بین تیمارهای مورد مطالعه خاک نشان داد، بیش‌ترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه برای تیمار فیلتر کیک و برابر ۰/۹۸ میلی‌متر است. تیمار فیلتر کیک در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۱۸/۳۶ درصدی میانگین این صفت را نشان داد. کم‌ترین میانگین این صفت، ۰/۸۰ میلی‌متر در تیمار شاهد مشاهده شد. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در تیمار فیلتر کیک با سایر تیمارهای مورد مطالعه شامل تیمارهای گچ، سوپر جاذب، ماده آلی (باگاس نیشکر) و نیتروکسین + باگاس از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نداشتند (شکل ۷). علت آن می‌تواند به مشابه و نزدیک بودن اثر اصلاحی این مواد مربوط باشد. در پژوهش دیگری افزودن کود آلی تا سطح ۴۰ تن در هکتار به خاک باعث افزایش میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب (MWD و GMD[2])، رطوبت باقیمانده، فراوانی منافذ میانه و منافذ ریز در خاک شد.

1. Mean weight diameter

2. Geometric mean diameter

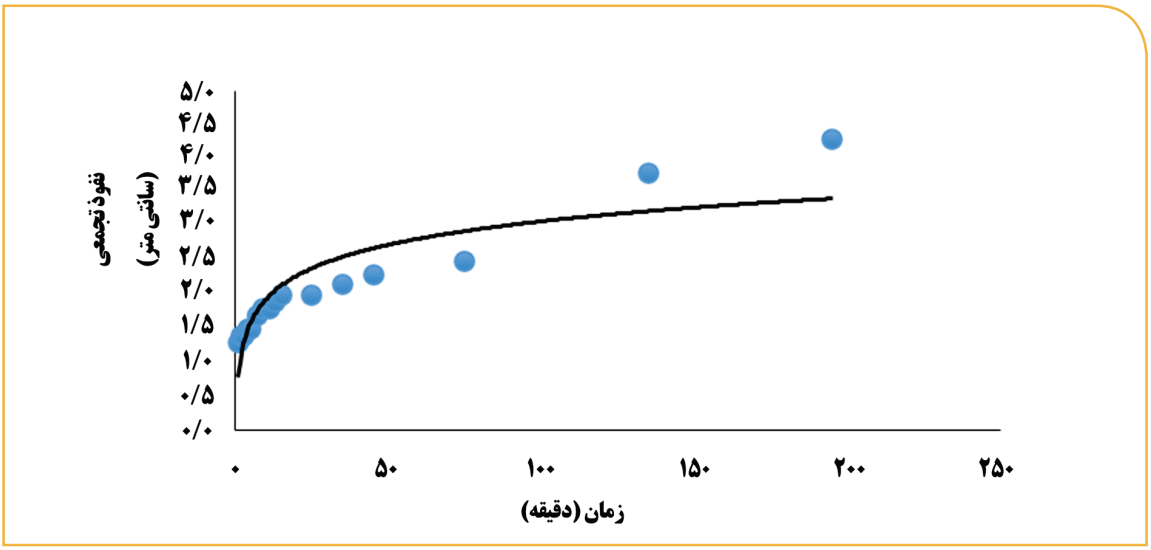


شکل ۷- مقایسه میانگین تغییرات میانگین وزنی قطر خاکدانه ها تحت اثر تیمارهای اصلاح‌کننده خاک به روش توکی ($P \leq 0/50$)

منحنی نفوذ

نتایج این پژوهش نشان داد مقدار میانگین آب نفوذ یافته به خاک در تیمار نیتروکسین + باگاس در طول زمان آزمایش با ۲/۱۵ سانتی‌متر، بیش‌ترین مقدار را داشت (شکل ۸).

همانطور که در شکل‌های ۹ و ۱۰ مشخص شده است، نمودار مقدار عمق آب نفوذ یافته از شروع نفوذ نسبت به زمان نشان می‌دهد که مقدار نفوذ تجمعی در حال افزایش است، اما مقدار آب نفوذ یافته در بازه‌های زمانی یکسان به‌تدریج کاهش پیدا کرده تا به مقدار ثابت برسد. جریان ترجیحی می‌تواند علت این اختلاف در مقدار آب نفوذ کرده در ابتدا و انتهای آزمایش باشد، زیرا جریان ترجیحی حاصل حرکت آب از خلل و فرج درشت خاک مانند حفره‌ها و کانال‌های زیرزمینی است که با فعالیت کرم‌ها و یا رشد ریشه گیاهان به‌وجود می‌آیند و سبب انتقال سریع آلاینده‌ها و آب‌های زیرزمینی شده و در نتیجه موجب آلودگی آن‌ها می‌شوند. جهت بررسی بهتر تغییرات نفوذ تجمعی و محاسبه نفوذ نهایی، اطلاعات از طریق رگرسیون غیرخطی به مدل‌های نفوذ برازش داده شد که در نهایت، ضرایب معادله کوستیاکوف-لوییس مشخص شدند و معادله نفوذپذیری ترسیم شد (شکل ۱۲).



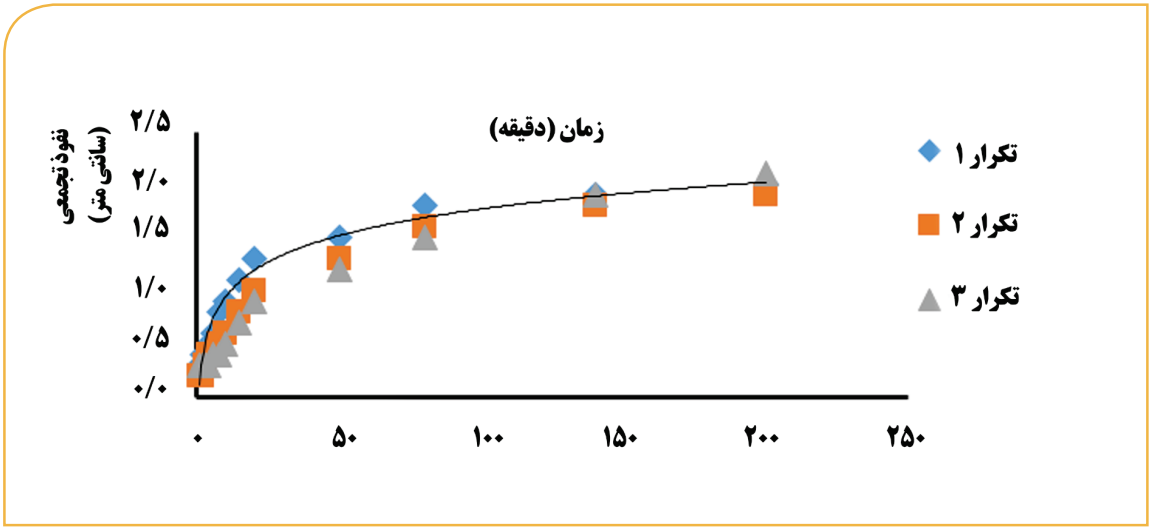
شکل ۸- نفوذ تجمعی در تیمار اصلاحی نیتروکسین+ باگاس در منطقه عتابیه

معادلـه رگرسـیونی نفوذپذیـری خـاک قبـل از اعمـال تیمارهـا در زمیـن مـورد نظـر:

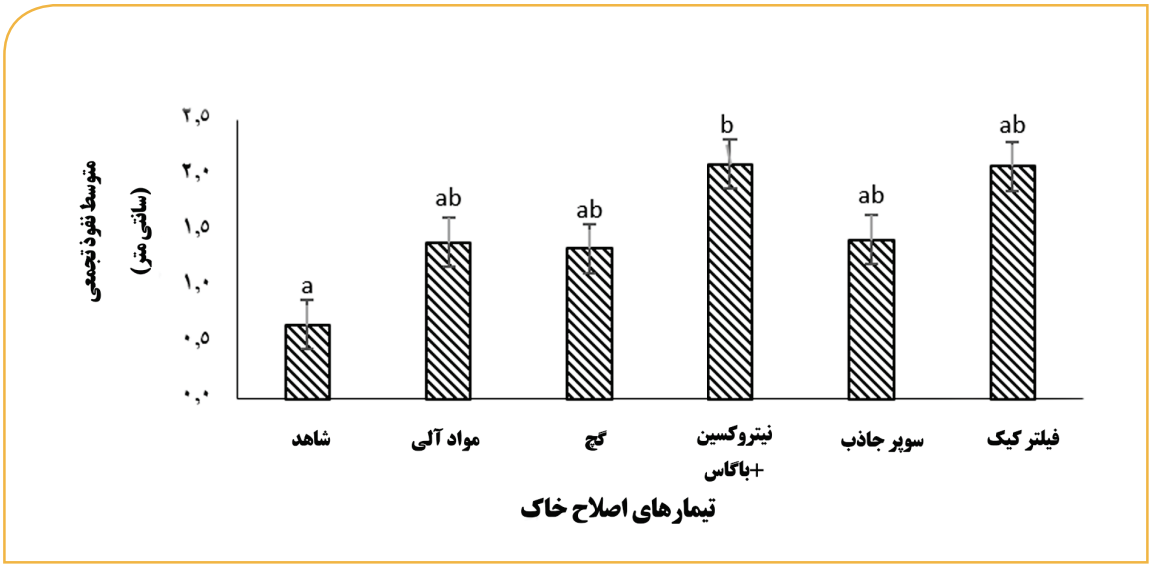
$y = 0/3627 \ln (x) + 0/1014$ (3)

معادلـه رگرسـیونی نفوذپذیـری خـاک بعـد از اعمـال تیمـار نیتروکسـین + بـاگاس:

$I = 0/452 \ln (t) + 0/9215$ (4)

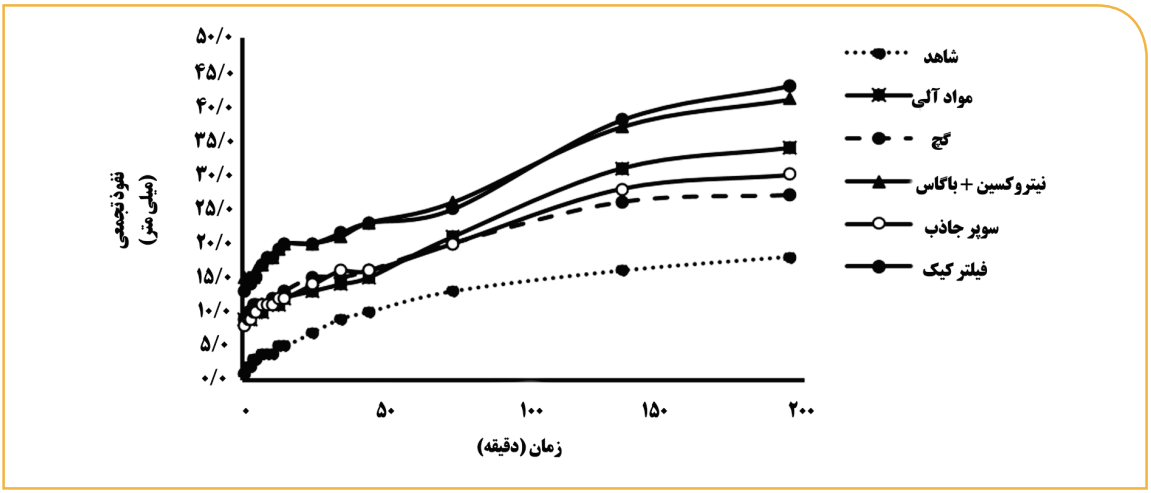


شکل ۹- نفوذ تجمعی در خاک در منطقه عتابیه دشت آزادگان خوزستان، قبل از اعمال تیمارها



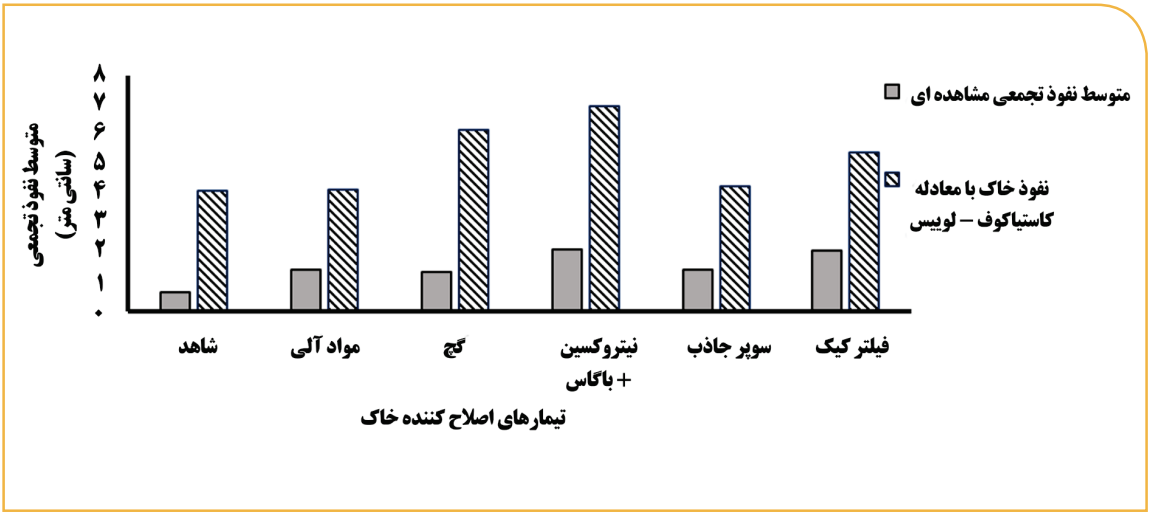
شکل ۱۰- مقایسه میانگین نفوذ تجمعی در تیمارهای مختلف اصلاح‌کننده خاک

در شـکل ۱۱ مقایسـه بیـن مقـدار نفـوذ در تیمارهـای مختلـف نشـان داده شـده اسـت. مقـدار نفـوذ تجمعـی تیمارهـا در بـازه آزمایش روندی افزایشـی داشـته اسـت و سـرعت نفـوذ در ابتـدا زیـاد و بـا گذشـت زمـان به‌تدریج کاهش یافته اسـت. این موضـوع به‌دلیل، افزایش رطوبت و کاهـش مکـش خـاک اسـت. هرچه سـطح خـاک بیش‌تر متخلخـل باشـد و یـا منافذ بـزرگ و باز در آن زیاد باشـد، نفـوذ اولیـه آب در خـاک بیش‌تـر خواهـد شـد، امـا نفـوذ نهایـی تغییـر نخواهـد کرد.



شکل ۱۱ - مقایسه تغییرات مقدار نفوذ خاک در تیمارهای مختلف اصلاح‌کننده خاک

نتایج این تحقیق نشان داد مقدار نفوذپذیری بر اساس معادله کاستیاکوف-لوییس دارای مقادیر بیش‌تری نسبت به مقدار این ویژگی در آزمایش صحرایی بود (شکل ۱۲). تیمار نیتروکسین+ باگاس در هر دو روش بیش‌ترین مقدار نفوذ را داشت. در تحقیقی دیگری که در گذشته انجام شده است؛ مشخص گردید که با افزودن باگاس نیشکر سرعت نفوذ و میزان نفوذ تجمعی به‌حد قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد (دیوبند هفشجانی و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱۲- مقایسه تغییرات مقدار نفوذ خاک در دو روش مشاهده‌ای در صحرا و برآوردی از فرمول کاستیاکوف- لوییس

محقق دیگری (توشیح۱۳۸۲) نتیجه‌گیری کرده است، مدیریت صحیح استفاده از بقایای گندم، یعنی خرد کردن و زیر خاک کردن کاه و کلش باقیمانده بعد از برداشت گندم دیم توأم با مصرف ۱۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع سولفات آمونیوم به ازای هر تن کاه و کلش بلافاصله بعد از برداشت، موجب افزایش معنی‌دار نفوذپذیری خاک، افزایش سولفات خاک در جهت کاهش مضرات ناشی از آهک، افزایش عناصر غذایی در جهت بهبود حاصلخیزی خاک و در نهایت افزایش عملکرد و میزان پروتئین دانه شده و بالعکس سوزاندن کاه کلش موجب کاهش نفوذپذیری، کاهش میزان سولفات و نیتروژن خاک و در نهایت کاهش عملکرد و درصد پروتئین دانه شد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش جهت بهبود برخی خصوصیات فیزیکی خاک، از مواد آلی باگاس نیشکر، گچ، کود بیولوژیک همراه با باگاس نیشکر، فیلتر کیک و سوپر جاذب به‌عنوان بهبود دهنده‌های خصوصیات فیزیکی خاک استفاده شد. ویژگی‌هایی از خاک مانند چگالی ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و نفوذپذیری خاک برای پایش بهبود وضعیت فیزیکی خاک در دو عمق مختلف (۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری) مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و چگالی ظاهری اختلاف معنی‌داری را در تیمارها و عمق‌های مختلف نسبت به شاهد در سطح پنج درصد نشان دادند. تیمار فیلتر کیک دارای بالاترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها(MWD) بود. افزایش مقدار این ویژگی نسبت به شرایط اولیه ی خاک، نشان از بهبود دانه بندی خاک ، اثر مثبت مواد آلی در تشکیل خاکدانه و اصلاح ساختمان خاک دارد. همچنین چگالی ظاهری در تیمار فیلترکیک و پس از آن تیمار نیتروکسین به‌همراه ماده‌ی آلی باگاس نیشکر نیز بیش‌ترین کاهش را نشان داد که می‌تواند یکی از دلایل بهبود وضعیت خاکدانه‌هادر خاک باشد. نفوذپذیری در بین تیمارهای مختلف، برای نیتروکسین + باگاس بیش‌ترین و شاهد کم‌ترین مقدار بود. از طرفی مقدار نفوذپذیری خاک منطقه بعد از اعمال تیمارها در پایان آزمایش افزایش نشان داد. تیمار نیتروکسین به همراه باگاس بیش‌ترین مقدار نفوذپذیری ثبت شده را داشت. در این پژوهش افزایش مقدار نفوذ، بهبود دانه‌بندی و کاهش چگالی ظاهری همگی بیانگر بهبود شرایط فیزیکی خاک و از اثرات مثبت تیمارهای اعمال شده در خاک بودند. از بین تیمارهای بهبود دهنده‌ی ساختمان خاک، تیمار نیتروکسین به همراه ماده‌ی آلی باگاس و تیمار فیلتر کیک بیش‌ترین اثر مثبت را در بهبود شرایط ساختمان خاک نشان دادند.

فهرست منابع

امامی، ح.،آستارایی، ع.ر.، مهاجرپور، م. و فرح‌بخش، ع. ۱۳۹۱. تأثیر اصلاح‌گرها بر میزان نگهداشت آب در مکش‌های گوناگون یک خاک شور- سدیمی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۲):۱۱۱-۱۰۴.

بای‌بوردی، ا. ۱۳۸۵. نقش روی در تغذیه گیاهی و حاصلخیزی خاک. انتشارات پریور.

توشیح، و. ۱۳۸۲ .اثر استفاده از کاه و کلش گندم دیم در زمان آیش بر عملکرد و میزان پروتئین دانه و برخی خصوصیات خاک. مجله علوم خاک و آب، ۱۷(۲): ۱۵۱ -۱۶۰.

دیوبند هفشجانی، ل.، ناصری، ع.، هوشمند، ع.، عباسی، ف. و سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر کاربرد بیوچار باگاس نیشکر بر خصوصیات شیمیایی یک خاک لوم شنی. علوم و مهندسی آبیاری. ۴۰(۱):۷۲-۶۳.

علیزاده، ا.، نجفی‌مود، م.ح.، موسوی، ج. و علیزاده، ب. ۱۳۸۸. تأثیر شوری در آب در روش آبیاری بارانی بر روی برخی از پارامترهای رشد ۳ رقم چمن. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۴):۱۶۹-۱۶۱.

نورزاده‌روشن، م.، کیانیف ف.، قربانی نصرآبادی، ر.، ابراهیمی، س. و ندیمی، ا. ۱۳۹۷. تأثیر برخی عملیات حفاظت خاک بر شاخص‌های کیفیت زیستی خاک در منطقه چهل‌چای گلستان. مهندسی زراعی. ۴۱(۱):۲۸-۱۷.

نوشادی، م. و ولی‌زاده، ح. ۱۳۹۵. تأثیر گیاه وتیور در کاهش شوری و املاح خاک. نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۰(۳):۸۰۴-۷۹۶.

Bonanomi, G., Gaglione, S., Cesarano, g., Sarker, T. C., Pascale, M. and Zoina, A. 2017. Frequent applications of organic matter to agricultural soil increase fungistasis. *Ped*, 27(1):86-95.

Dang, L.C., Fatahi, B. and Khabbaz, H. 2016. Behaviour of expansive soils stabilized with hydrated lime and bagasse fibres. *Pro. Eng.* (143): 658-665.

Hanay, A., Büyüksönmez, F., Kiziloglu, F. M., and Canbolat, M. Y. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. Compost sci. util. 12(2), 175-179.

Kemper, W. D. and Rosenau R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. Pp. 425-442. In: Klute A (ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 1. ASA and SSSA, Madison, WI.

Lynch, J. M. and Bragg, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Adv.* Soil Sci. 2: 133-171.

Mosaddeghi, M. R., Koolen, A. J., Hajabbasi, M. A., Hemmat, A. and Keller, T. 2007. Suitability of pre-compression stress as the real critical stress of unsaturated agricultural soils. Bios. *Eng.* 98(1): 90–101.

Murtaza, G., Ghafoor, A. and Qadir, M. 2005. Irrigation and soil management strategies for using saline –sodic water in a cotton – wheat rotation. *Agric. Water Mange.* Article in press.

Rangasamy, P. and Olsson, A. 1991. Sodicity and soil structure. Aus. J. Soil Res. (29): 935-952.

Walker, D. J. and Bernal, M. P. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Bio. Tech, 99(2): 396–403.