



## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

صفحه‌های ۲۱۰-۱۹۷

# تأثیر هم‌زمان ورمی کمپوست و آب نامتعارف بر خصوصیات فیزیکی خاک

حسین میرزایی تختگاهی\*<sup>۱</sup>، هوشنگ قمرنیا<sup>۲</sup>

۱. دکترای گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. استاد گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۰۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۲۴

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر ورمی کمپوست روی خصوصیات فیزیکی خاک با دو تیمار استفاده از ورمی کمپوست و شاهد، در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک تحت آبیاری با آب نامتعارف و سه تکرار در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال ۱۳۹۵ به انجام رسید. اثر ورمی کمپوست بر خصوصیات فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص حقیقی و ظاهری، تخلخل، هدایت هیدرولیکی اشباع، منحنی مشخصه رطوبتی، نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و آب در دسترس بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از ورمی کمپوست هدایت، هیدرولیکی خاک و نقطه پژمردگی دائم را به‌طور معناداری افزایش داد، اما روی سایر خصوصیات اثر معناداری نداشت. ورمی کمپوست هدایت هیدرولیکی اشباع را در دو لایه به ترتیب ۲۲/۲ و ۴۳/۵ درصد افزایش داده و اثر مثبتی بر منحنی مشخصه خاک داشت. همچنین، در تیمار ورمی کمپوست مقدار رطوبت در لایه نخست و دوم به ترتیب در ظرفیت زراعی ۲۱/۱ و ۲۱/۵، نقطه پژمردگی دائم ۳۲ و ۲۴ و رطوبت در دسترس ۹/۳ و ۱۸/۶ درصد افزایش داشت. ورمی کمپوست جرم مخصوص ظاهری خاک را در لایه نخست و دوم ۷/۳ و ۷ درصد افزایش داد، ولی جرم مخصوص حقیقی را ۲/۱ و ۱/۲ و تخلخل خاک را ۱۸/۹ و ۱۸/۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. گرچه ورمی کمپوست بیشتر خصوصیات فیزیکی خاک را از نظر آماری تغییر نداد، در حالت کلی سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک شد.

**کلیدواژه‌ها:** جرم مخصوص حقیقی، جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت زراعی، منحنی مشخصه رطوبتی، هدایت هیدرولیکی اشباع.

## مقدمه

خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، که بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی را شامل می‌شوند، از نظر مواد آلی فقیرند. بنابراین، برای بهبود باروری خاک این مناطق، افزودن مواد آلی به آنها ضروری است (۴). ورود مواد آلی به خاک با افزایش مقدار و قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه سبب افزایش سطح حاصل‌خیزی خاک و نیز بهبود شرایط فیزیکی آن می‌شود (۳). منابع سستی و محدود مواد آلی، جواب‌گوی نیاز روزافزون بخش کشاورزی به کود آلی نیست (۴). از این‌رو، استفاده از موادی نظیر ضایعات کشاورزی و مواد زائد صنعتی، به عنوان منابع تأمین‌کننده مواد آلی خاک رو به گسترش است. برخی از این مواد زائد قبل از استفاده در زمین‌های کشاورزی، به منظور کاهش خطرات زیست‌محیطی آنها، باید بررسی و پردازش شوند.

کود ورمی‌کمپوست متشکل از فضولات کرم‌های خاکی، مواد به‌کاررفته در بستر تهیه کشت، مواد زائد آلی در مراحل مختلف تجزیه، کرم‌های خاکی در مراحل مختلف تکامل و نیز میکروارگانیسم‌های مربوط به فرایند کمپوست‌سازی است (۱۵). ورمی‌کمپوست ویژگی‌های بسیاری مانند تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب، قدرت جذب و نگهداری زیاد رطوبت و سطح جذب زیاد مواد غذایی دارد، بنابراین استفاده از آن در کشاورزی پایدار برای بهبود وضعیت تخلخل خاک و در نتیجه فراهمی بیشتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بسیار مفید است. برتری ورمی‌کمپوست نسبت به سایر کودهای آلی در آن است که به‌خوبی تغییر ساختار یافته و تعداد ریزموجودات بیمارهای گیاهی در آن به‌شدت کاهش یافته است. فرایند هوموسی‌شدن در مرحله رسیدگی ورمی‌کمپوست در سطح وسیع‌تری صورت می‌گیرد که در نهایت کود تولیدی در این روش به علت زیادبودن نسبت کربن به ازت بوی نامطبوع و فعالیت حشرات مزاحم ندارد (۷ و ۱۴).

ورمی‌کمپوست علاوه بر تأثیر بر غلظت عناصر غذایی موجود در خاک، بر خواص شیمیایی خاک مانند pH، هدایت الکتریکی، درصد مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و نیز بر خواص فیزیکی خاک تأثیر می‌گذارد (۲۰).

در یک پژوهش اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود دامی در خاک بر بهبود وضعیت فیزیکی خاک را گزارش کردند و بیشترین اثر را به ورمی‌کمپوست نسبت دادند (۲۴). محققان گذشته با به‌کارگیری ورمی‌کمپوست در خاک، بیان کردند که این نوع کود سبب اسفنجی‌شدن بافت خاک و افزایش درصد خلل و فرج و در نهایت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود (۱۰). به‌طور کلی، به‌کارگیری ورمی‌کمپوست در مقادیر مختلف به عنوان یک کود آلی می‌تواند به بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک منجر شود (۲۳ و ۲۵). استفاده از ورمی‌کمپوست تأثیر مثبت بر وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک دارد و کاربرد آن در خاک به عنوان کود سبب بهبود نفوذپذیری خاک و افزایش محتوای آب خاک می‌شود (۲). بیشترین منابع تأمین مواد آلی در خاک‌ها عبارت‌اند از فضولات دامی، بقایای گیاهی، لجن فاضلاب‌ها و کمپوست زباله شهری که امروزه با توجه به اهمیت کشاورزی ارگانیک بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (۱۰). همچنین، در مطالعه دیگری با به‌کارگیری ۲۵ تن کمپوست در خاک، گزارش کردند که ظرفیت نگهداری آب در خاک نسبت به شاهد ۳۵ درصد افزایش یافت (۱۶).

از آنجا که گزارش‌های محدودی درباره تأثیر کود ورمی‌کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک وجود دارد (۱۳)، همچنین، مطالعات قبلی اثر ورمی‌کمپوست در خاک‌های تحت آبیاری با آب معمولی را بررسی کردند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست بر خصوصیات فیزیکی خاک تحت آبیاری با آب نامتعارف انجام پذیرفت.

## مدیریت آب و آبیاری

## تأثیر هم‌زمان ورمی کمپوست و آب نامتعارف بر خصوصیات فیزیکی خاک

### مواد و روش‌ها

در ابتدا و انتهای آبیاری، یعنی در اوایل اردیبهشت و اواخر مهر انجام شده و میانگین آن دو به عنوان نمونه اصلی در نظر گرفته شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه قره‌سو، همچنین سه استاندارد جهانی، سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (FAO)، سازمان بهداشت جهانی (WHO)، آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) و استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (IRNDOE) در زمینه کیفیت مجاز آب نامتعارف برای آبیاری در جدول ۱ آورده شده است (۶).

قره‌سو رودخانه اصلی دشت کرمانشاه است. این رودخانه جزء حوضه آبریز کرخه و طول آن حدود ۱۰۰ کیلومتر است. سرچشمه اصلی آن سراب روانسر واقع در ۵۰ کیلومتری شمال غرب کرمانشاه است. انواع پسماندهای صنعتی، سموم کشاورزی، آبشوران (زهکش طبیعی شهر کرمانشاه) مملو از انواع میکروب، فاضلاب‌های انسانی و صنعتی مستقیم به داخل آن ریخته می‌شوند که این امر سبب آلودگی آن شده است. نمونه‌برداری از آب رودخانه

جدول ۱. نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی رودخانه قره‌سو

پارامتر	واحد	استانداردها			
		IRNDOE	EPA	WHO	FAO
سدیم	mg/l		۶۹	۶۹	۲۰/۹۴
کلسیم	"		۲۰۰		۱۶۳/۶۷
منیزیم	"	۱۰۰	۲۵		۴۱/۹۱
پتاسیم	"				۵/۴۵
آلومینیم	"	۵	۱	۵	۳/۸۷
کلر	"	۶۰۰	۱۰۰	۱۰۶	۳۸/۶۳
بر	"	۱	۱	۰/۷	۰/۰۶۵
جیوه	"	۰/۰۱	۰/۰۱		۰/۰۰۸۵
آهن	"	۳	۵	۵	۱۲/۳۸
مس	"	۰/۰۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۳
روی	"	۲	۱	۲	۰/۳۴
کادمیوم	"	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۸
نیکل	"	۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱۴
کروم	"	۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۳
سرب	"	۱	۵	۵	۰/۰۳
منگنز	"	۱	۰/۲	۰/۲	۸/۸۸
کبالت	"	۰/۰۵	۰/۰۵		۰/۰۱۴۵
آرسنیک	"	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۱۵
سلنیوم	"	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۶۵
نیترات	"		۳۰	۵	۲۹/۶۵
فسفات	"		۱۰		۱۰/۹۷
نسبت جذب سدیم	-			۳	۲/۰۸
هدایت الکتریکی	dS/m		۰/۷	۰/۷	۰/۶۲۷
اسیدیته	-	۶-۸/۵	۶/۵-۸/۴	۶-۸/۵	۶/۵-۸

### مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

جدول ۲. مشخصات بافت خاک

بافت	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	تکرار	لایه
لومی شنی	۶۰/۶	۲۳	۱۶/۴	۱	۳۰-۰
"	۷۲/۱	۱۵/۴	۱۲/۵	۲	"
"	۷۳/۲	۱۸/۴	۸/۴	۳	"
"	۷۱/۲	۱۵/۴	۱۳/۴	۱	۶۰-۳۰
"	۷۵/۲	۱۳/۴	۱۱/۴	۲	"
"	۷۲/۲	۱۷/۴	۱۰/۴	۳	"

تیمارها آبیاری کامل اعمال شد. نمونه‌ها از ردیف وسط کرت‌های نخست، سوم و پنجم انتخاب شد. نمونه‌های خاک بعد از برداشت محصول، در اواخر مهرماه تهیه شدند. در تحقیق حاضر اثر ورمی‌کمپوست روی خصوصیات فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص حقیقی، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، هدایت هیدرولیکی اشباع، منحنی مشخصه رطوبتی خاک، نقاط ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم و آب در دسترس خاک بررسی شد. در مجموع، تعداد ۱۲ نمونه خاک آزمایش فیزیکی شد. بعد از برداشت نمونه‌ها، آنها را در مجاورت هوا قرار دادند تا به طور کامل خشک شدند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها را خرد کرده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس، با استفاده از هیدرومتر بافت خاک تعیین شد که بر اساس طبقه‌بندی USDA نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲ آورده شده‌اند.

برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از روش استوانه و جرم مخصوص حقیقی خاک از روش پیکنومتر (۲۲) استفاده شد. برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از روش بار افتان و از یک استوانه به قطر داخلی هفت و طول ۲۳ سانتی‌متر استفاده شد. در نهایت، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$k = \frac{2.3aL}{At} \log \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

بر این اساس، میزان عناصری مانند منیزیم، آلومینیم، آهن، مس، کادمیوم، منگنز، سلنیوم، نیتراژ و فسفات حداقل طبق یکی از استانداردها بیشتر از حد مجاز برای آبیاری است. بنابراین، بر اساس استانداردهای یادشده آب این رودخانه جزء آب‌های نامتعارف و آلوده قرار می‌گیرد. پژوهش حاضر در دو تیمار استفاده از ورمی‌کمپوست<sup>۱</sup> و تیمار شاهد<sup>۲</sup> (استفاده نکردن از ورمی‌کمپوست)، هر یک در سه تکرار و دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک تحت آبیاری با آب رودخانه قره‌سو در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال ۱۳۹۵ انجام شد. پژوهش در زمین زیر کشت گوجه‌فرنگی انجام شد. حدود یک ماه پس از کاشت گوجه‌فرنگی و در خردادماه تیمار ورمی‌کمپوست به میزان ۲۵ تن در هکتار اعمال شد (۱۶). برای آبیاری، آب از رودخانه قره‌سو با تانکر به اراضی انتقال داده شد. آبیاری هفته‌ای یک بار به صورت کامل انجام شد. آزمایش در کرت‌هایی به ابعاد یک در دو متر با فاصله نیم متر از همدیگر و سه ردیف کشت در هر کرت انجام شد. برای هر تیمار پنج کرت در نظر گرفته شد. مزرعه تحت آبیاری جویچه‌ای قرار گرفت و برای همه

1. Vermicompost
2. Control

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

خصوصیات فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، تخلخل، ظرفیت زراعی و مقدار آب در دسترس از نظر آماری معنادار نبود.

در یک مطالعه نشان داده شد که کاربرد کود ورمی کمپوست تفاوت معنادار در سطح یک درصد روی وزن مخصوص ظاهری و حقیقی، تخلخل، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و آب در دسترس نسبت به تیمار شاهد داشته است (۲). شاید دلیل معنادار نشدن بعضی خصوصیات فیزیکی خاک، زمان کوتاه انجام آزمایش و آمیخته نشدن مناسب ورمی کمپوست با خاک باشد. اگر قبل از شخم ورمی کمپوست روی خاک پاشیده شده و همراه شخم با لایه‌های زیرین خاک مخلوط شود، تأثیرات مفید آن زودتر خود را نشان خواهد داد. ممکن است دلیل دیگر آن استفاده هم‌زمان ورمی کمپوست و آب نامتعارف و آلوده باشد.

در مطالعات گذشته نیز تأثیر آب نامتعارف و ورمی کمپوست روی خصوصیات فیزیکی خاک در تحقیقات جداگانه‌ای بررسی شده است. از جمله نکات جدید و مثبت این پژوهش تأثیر هم‌زمان آب نامتعارف و ورمی کمپوست روی خاک بوده که می‌تواند هم‌زمان عمل کنند و موجب بهبود بهتر و بیشتر شرایط فیزیکی خاک شوند.

### هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

با توجه به شکل ۱، در هر دو عمق هدایت هیدرولیکی اشباع در تیمار ورمی کمپوست بیشتر از شاهد بود. در لایه نخست ۲۲/۲ درصد و در لایه دوم ۴۳/۵ درصد هدایت هیدرولیکی در تیمار ورمی کمپوست نسبت به شاهد افزایش نشان داد. پس می‌توان نتیجه گرفت که ورمی کمپوست هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را افزایش داده است که این موضوع در خاک‌های با بافت سنگین می‌تواند بیشتر حائز اهمیت باشد.

در این رابطه،  $k$  هدایت هیدرولیکی بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه،  $a$  سطح مقطع لوله بورت بر حسب سانتی‌متر مربع،  $L$  طول نمونه خاک بر حسب سانتی‌متر،  $A$  سطح مقطع نمونه خاک بر حسب سانتی‌متر مربع،  $h_1$  و  $h_2$  بار آبی در شروع و پایان آزمایش بر حسب سانتی‌متر و  $t$  زمان افتادن بار آبی از  $h_1$  به  $h_2$  بر حسب ثانیه‌اند (۸). تخلخل یکی از پارامترهای مهم خاک به خصوص از نظر کشاورزی است. برای به دست آوردن تخلخل از رابطه ۲ استفاده شد:

$$n = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_a}\right) \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه،  $n$  تخلخل بر حسب درصد،  $\rho_a$  و  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری و حقیقی بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند (۸). برای اندازه‌گیری منحنی مشخصه رطوبتی خاک از دستگاه صفحات فشاری دارای دو مخزن، یکی تا فشار پنج بار (مدل 1600) و دیگری تا فشار ۱۵ بار (مدل 1500F1) استفاده شد. همچنین، برای اندازه‌گیری منحنی مشخصه خاک، رطوبت خاک در فشارهای تقریبی ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ بار اندازه‌گیری شد (۱۸). در این پژوهش رطوبت معادل فشار ۰/۱ بار را برابر ظرفیت زراعی، رطوبت معادل ۱۵ بار را نقطه پژمردگی دائم و اختلاف این دو را آب در دسترس در نظر گرفتیم. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از روش آزمون  $t$  جفت‌نشده استفاده شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC بررسی و تحلیل شد.

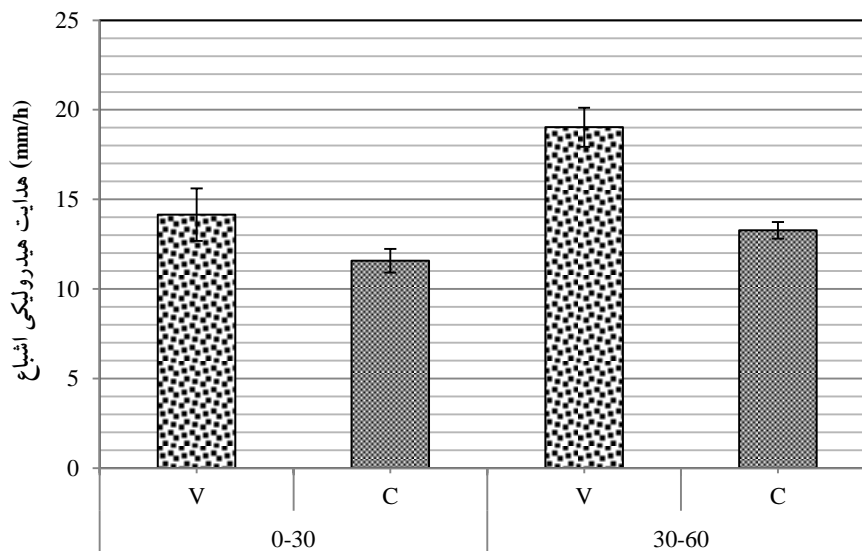
### نتایج و بحث

جدول ۳ مقایسه خصوصیات فیزیکی خاک را با استفاده از آزمون  $t$  در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳ افزایش هدایت هیدرولیکی خاک و نیز رطوبت در نقطه پژمردگی دائم در تیمار ورمی کمپوست از نظر آماری در سطح پنج درصد معنادار بود. تأثیر تیمار ورمی کمپوست روی سایر

جدول ۳. میانگین مقادیر خصوصیات فیزیکی خاک و آزمون t برای مقایسه میانگین‌ها

آماره t (V-C)	میانگین		درجه آزادی	عمق	واحد	صفت
	C	V				
<sup>ns</sup> ۰/۹۲۳	۱/۹۸±۱۱/۵۸	۴/۳۹±۱۴/۱۵	۴	۳۰-۰	mm/h	هدایت هیدرولیکی
*۲/۸۱	۱/۳۹±۱۳/۲۶	۳/۲۷±۱۹/۰۳	"	۶۰-۳۰	"	"
<sup>ns</sup> ۰/۹۵۹	۰/۱۱±۱/۶۴	۰/۱۹±۱/۷۶	"	۳۰-۰	g/cm <sup>۳</sup>	جرم مخصوص ظاهری
<sup>ns</sup> ۱/۱۴	۰/۱۵±۱/۷۱	۰/۱۱±۱/۸۳	"	۶۰-۳۰	"	"
<sup>ns</sup> ۰/۶۴۴	۰/۱۱±۲/۴۴	۰/۰۲±۲/۳۹	"	۳۰-۰	"	جرم مخصوص حقیقی
<sup>ns</sup> ۰/۳۱۹	۰/۱۳±۲/۴۷	۰/۰۷±۲/۴۴	"	۶۰-۳۰	"	"
<sup>ns</sup> ۱/۲۹	۳/۷۱±۳۲/۷۶	۷/۴۶±۲۶/۵۷	"	۳۰-۰	"	تخلخل
<sup>ns</sup> ۰/۸۴۵	۹/۶۶±۳۰/۵۲	۵/۹۸±۲۴/۹۸	"	۶۰-۳۰	"	"
<sup>ns</sup> ۲/۳۴	۲/۸۵±۳۲/۵۳	۴/۲±۳۹/۴۰	"	۳۰-۰	%	ظرفیت زراعی
<sup>ns</sup> ۲/۵۸	۲/۵۲±۲۸/۹۰	۳/۳۲±۳۵/۱۰	"	۶۰-۳۰	"	"
*۲/۹۷	۰/۴۷±۱۶/۸۷	۳/۱۱±۲۲/۲۷	"	۳۰-۰	"	نقطه پژمردگی دائم
<sup>ns</sup> ۲/۶۵	۱/۸۶±۱۵/۲۷	۱/۵۱±۱۸/۹۳	"	۶۰-۳۰	"	"
<sup>ns</sup> ۰/۸۱	۲/۵۴±۱۵/۶۷	۱/۸۳±۱۷/۱۳	"	۳۰-۰	"	آب در دسترس
<sup>ns</sup> ۲/۱۱	۰/۸۰±۱۳/۶۳	۱/۹۱±۱۶/۱۷	"	۶۰-۳۰	"	"

V = Vermicompost and C = Control



شکل ۱. متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع برای دو تیمار

## مدیریت آب و آبیاری

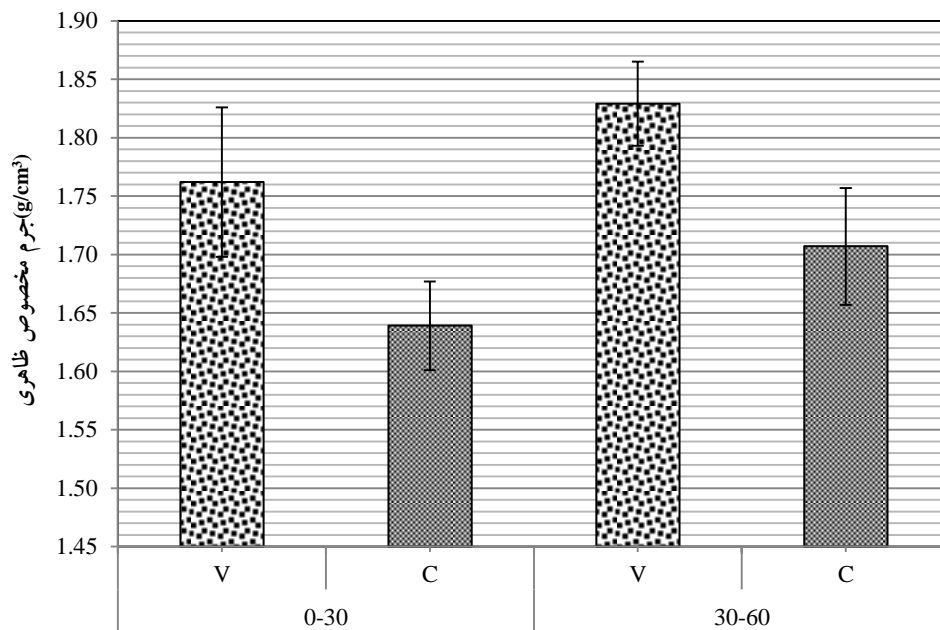
دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

جرم مخصوص ظاهری با کاربرد ۴۰ تن کمپوست ۳۰/۲ درصد کاهش نسبت به شاهد داشته است. شکل ۳ مقدار متوسط جرم مخصوص حقیقی را برای دو تیمار نشان می‌دهد. در هر دو لایه میزان جرم مخصوص حقیقی در تیمار ورمی کمپوست نسبت به شاهد کاهش داشت. این کاهش در لایه نخست ۲/۱ درصد و در لایه دوم ۱/۲ درصد بود. در واقع، جرم مخصوص حقیقی خاک تابع نوع ذرات و کانی‌های خاک است، ولی در شرایط فراوانی ماده آلی این ویژگی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد (۹). نتایج پژوهش احمدآبادی و قاجار سپانلو (۱) نشان داد مقدار جرم مخصوص حقیقی با کاربرد ۴۰ تن کمپوست و لجن فاضلاب به ترتیب ۳۹/۶۵ و ۳۶/۹۵ درصد کاهش نسبت به شاهد داشته است.

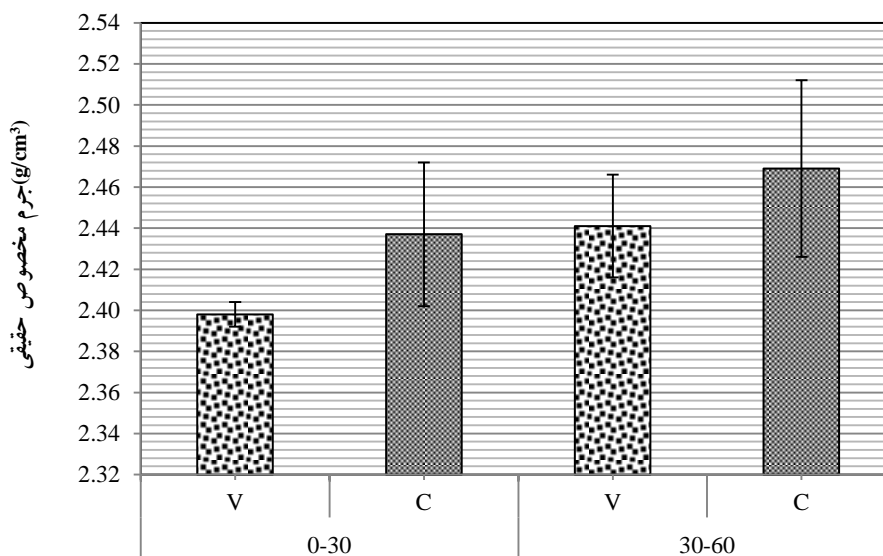
در زمینه نتایج به دست آمده، آگلیدس و لوندرا (۱۱) نتیجه گرفتند که به کارگیری کمپوست فاضلاب شهری به عنوان یک کود آلی می‌تواند راهی برای بهبودبخشیدن شرایط خاک از نظر نفوذپذیری و تخلخل باشد.

### جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک

وزن مخصوص خاک از پارامترهای مهم و مؤثر در شناخت ساختار خاک است. همان طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، مقدار جرم مخصوص ظاهری در تیمار ورمی کمپوست برای هر دو لایه بیشتر از تیمار شاهد بود. میزان افزایش در تیمار ورمی کمپوست نسبت به شاهد در لایه نخست ۷/۳ درصد و برای لایه دوم هفت درصد بوده است، اما احمدآبادی و قاجار سپانلو (۱) نشان دادند مقدار



شکل ۲. متوسط جرم مخصوص ظاهری برای دو تیمار



شکل ۳. متوسط جرم مخصوص حقیقی برای دو تیمار

ریدوان (۲۱) نیز طی آزمایش خود با به‌کارگیری سطوح صفر، ۲۵ و ۵۰ گرم بر کیلوگرم ورمی‌کمپوست، بیشترین میزان کاهش در جرم مخصوص ظاهری را مربوط به تیمار ۵۰ گرم بر کیلوگرم ورمی‌کمپوست دانسته است.

### تخلخل خاک

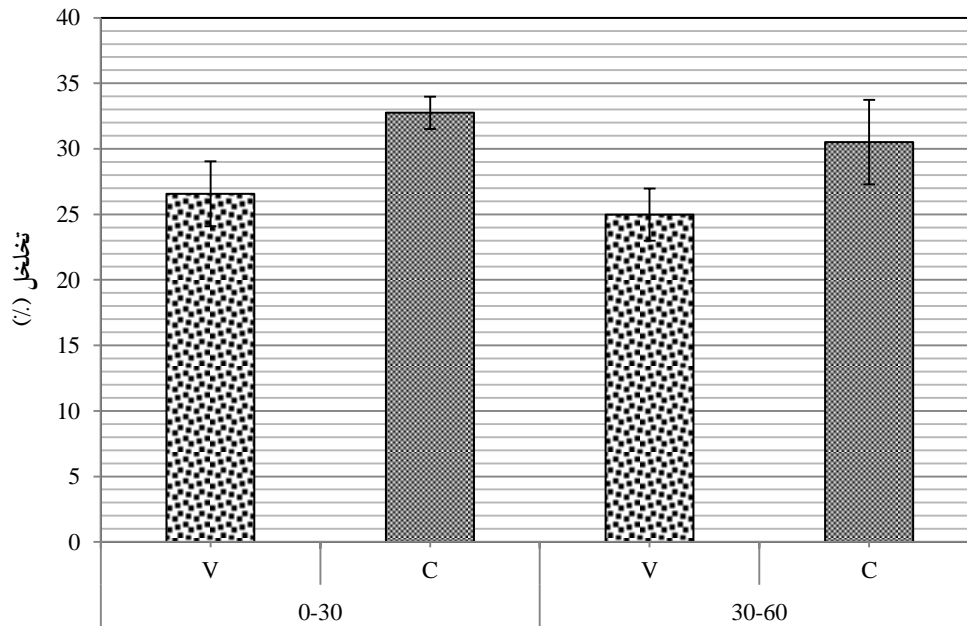
پس از اندازه‌گیری مقدار وزن مخصوص ظاهری و حقیقی، اقدام به محاسبه و رسم نمودار درصد تخلخل مؤثر نمونه‌ها شد. شکل ۴ نشان می‌دهد در هر دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ تخلخل در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد کاهش داشته است. همچنین، تخلخل خاک در تیمار ورمی‌کمپوست برای لایه نخست ۱۸/۹ درصد و لایه دوم ۱۸/۲ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد داشته است.

نتایج تحقیقات قبلی مخالف نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش است. احمدآبادی و همکارانش (۲) نشان دادند اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر تخلخل خاک معنادار بوده است. بیشترین مقدار تخلخل مربوط به تیمار ۴۰ تن ورمی‌کمپوست بود که ۳۹/۹۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت.

مطالعات قبلی کاهش جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک در استفاده از ورمی‌کمپوست را نشان داده‌اند. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش در زمینه جرم مخصوص حقیقی است، ولی نتیجه به‌دست‌آمده درباره جرم مخصوص ظاهری به خلاف نتایج بررسی‌های گذشته است. شاید دلیل آن نیز تأثیر هم‌زمان ورمی‌کمپوست و آب نامتعارف باشد. بر این اساس، احمدآبادی و همکارانش (۲) نشان دادند کاربرد تلفیقی کود شیمیایی به همراه ورمی‌کمپوست تأثیر بیشتری بر کاهش جرم مخصوص ظاهری و حقیقی نسبت به مصرف کود شیمیایی به‌تنهایی دارد که این کاهش با افزایش مقدار کاربرد ورمی‌کمپوست بیشتر می‌شود. کاربرد کودهای آلی در خاک با تأثیر بر دانه‌بندی و با افزایش درصد منافذ خاک، سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود (۱۰). تجادا و گونزالز (۲۴) با کاربرد ورمی‌کمپوست و کود دامی غنی‌شده با کود شیمیایی در خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش منافذ خاک را گزارش کردند و بیشترین اثر را به تیمار تلفیقی ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی نسبت دادند. همچنین،

### مدیریت آب و آبیاری





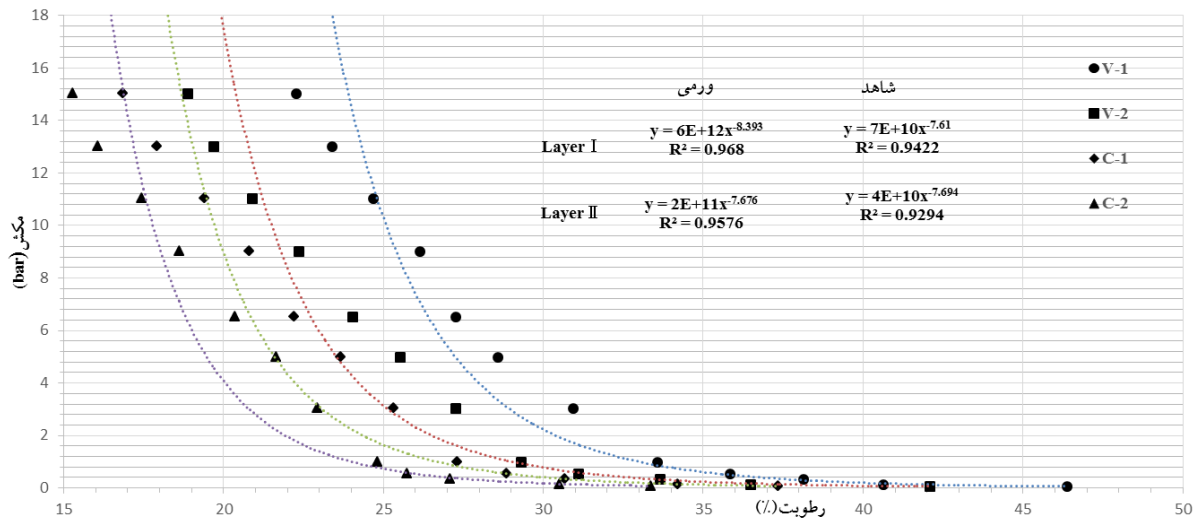
شکل ۴. متوسط تخلخل برای دو تیمار

نمونه‌های خاک در ۱۵ مکش مختلف اقدام شده است. شکل ۵ منحنی مشخصه رطوبتی خاک را برای دو تیمار ورمی کمپوست و شاهد نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، منحنی‌ها در خاک تحت تیمار ورمی کمپوست در هر دو لایه به سمت راست جابه‌جا شده‌اند که نشان می‌دهد در یک مکش معین مقدار رطوبت در تیمار ورمی کمپوست بیشتر است. همچنین، مقدار رطوبت در لایه نخست تیمار ورمی کمپوست نسبت به لایه دوم همان تیمار بیشتر است که دلیل آن زیادبودن میزان ورمی کمپوست در لایه نخست است. پس می‌توان نتیجه گرفت که ورمی کمپوست سبب افزایش گنجایش رطوبتی خاک می‌شود. این موضوع به‌ویژه در خاک‌های با بافت سبک به دلیل اینکه تخلخل ریز و نگرده‌داشت رطوبتی کمتری دارند، حائز اهمیت است و گنجایش رطوبتی آنها را افزایش دهد و این ضعف آنها را جبران کند.

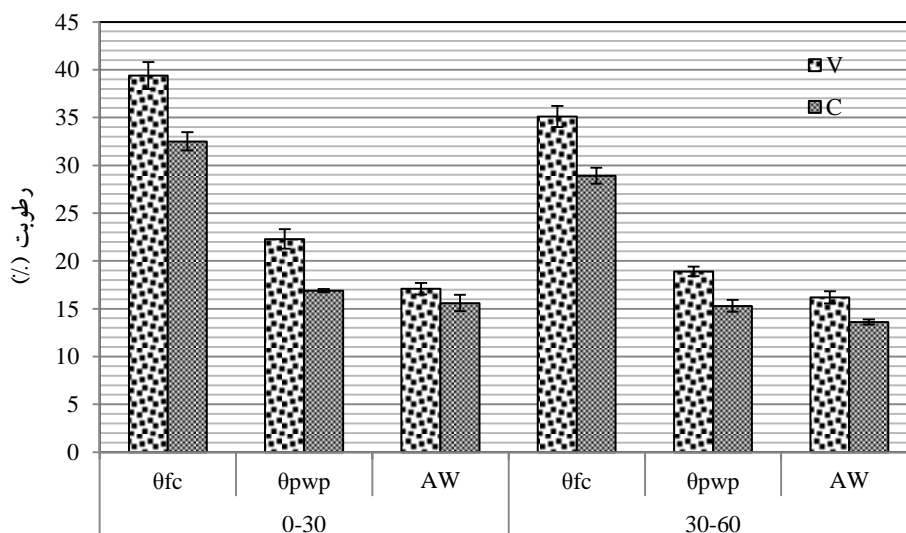
ماتوس و آروندا (۲۰) نیز طی مطالعات خود، افزایش تخلخل خاک را با به‌کارگیری ورمی کمپوست در خاک گزارش کردند. همچنین، ریدوان (۲۱) گزارش کرد که کاربرد ورمی کمپوست نسبت به کود شیمیایی در میزان افزایش تخلخل خاک نسبت به شاهد، تأثیرگذارتر است. جات واحلاوات (۱۷) گزارش کرد که مصرف سه تن ورمی کمپوست در هکتار به همراه کود شیمیایی موجب افزایش تخلخل خاک در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود.

#### منحنی مشخصه رطوبتی و نقاط پتانسیلی آب خاک

اندازه‌گیری خصوصیات رطوبتی خاک از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی شرایط فیزیکی خاک به شمار می‌رود، چرا که این خصوصیات هم قابلیت نگهداشت و ذخیره آب و هم حالت تهویه و زهکشی خاک را نشان می‌دهند. در تحقیق حاضر به اندازه‌گیری محتوای رطوبتی هر یک از



شکل ۵. منحنی مشخصه رطوبتی خاک برای دو تیمار



شکل ۶. متوسط رطوبت ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و آب در دسترس برای دو تیمار

است. بهره‌مند و همکارانش (۵) نیز با کاربرد ۵۰ تن لجن فاضلاب در هکتار، گزارش کردند که محتوای آب خاک به دنبال افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نسبت به شاهد ۳۰/۳ درصد افزایش داشته است که با نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش مطابقت دارد.

در واقع، با افزایش مقدار کود آلی در خاک، میزان ظرفیت نگهداشت آب در خاک به دنبال افزایش حجم خلل و فرج کل افزایش می‌یابد (۱۲). احمدآبادی و قاجار سپانلو (۱) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که میزان ظرفیت نگهداشت آب در خاک در تیمار ۴۰ تن کمپوست در هکتار ۷۷/۶۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته

## مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، می‌توان اظهار داشت که استفاده از ورمی‌کمپوست در یک زمین تحت آبیاری با آب نامتعارف هدایت هیدرولیکی خاک و رطوبت در نقطه پژمردگی دائم را به صورت معناداری افزایش داده و روی سایر خصوصیات فیزیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، تخلخل، ظرفیت زراعی و مقدار آب در دسترس اثر معناداری نداشته است. تیمار ورمی‌کمپوست سبب بهبود منحنی مشخصه خاک شده و میزان گنجایش رطوبتی خاک را افزایش داده است. همچنین، مقدار رطوبت در نقاط ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و رطوبت در دسترس را افزایش داده است. ورمی‌کمپوست، جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش داده، ولی جرم مخصوص حقیقی و تخلخل خاک را کاهش داد. هر چند که ورمی‌کمپوست بیشتر خصوصیات فیزیکی خاک را از نظر آماری تغییر نداده، در حالت کلی موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک شده است. شاید یکی از دلایل معنادار نشدن این خصوصیات، زمان کوتاه اعمال تیمار بوده است.

### منابع

۱. احمدآبادی ز. و قاجار سپانلو م.، (۱۳۹۱)، «تأثیر کاربرد کودهای آلی روی برخی خواص فیزیکی خاک». پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۱۹ (۲): ۹۹-۱۱۶.
۲. احمدآبادی ز.، قاجار سپانلو م. و رحیمی آلاشتی س.، (۱۳۹۰)، «اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک». علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۵ (۵۸): ۱۲۵-۱۳۷.

در ضمن، شکل ۶ نشان می‌دهد که مقدار رطوبت ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و میزان رطوبت در دسترس در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد در هر دو لایه افزایش نشان داده است. ظرفیت زراعی در لایه نخست ۲۱/۱ و لایه دوم ۲۱/۵ درصد، نقطه پژمردگی دائم در لایه نخست ۳۲ و لایه دوم ۲۴ درصد و سرانجام مقدار آب در دسترس در لایه نخست ۹/۳ و لایه دوم ۱۸/۶ درصد افزایش را در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد نشان داده است.

همسو با نتایج تحقیق حاضر، احمدآبادی و همکارانش (۲) نشان دادند تیمارهای کودی به‌کاررفته سبب افزایش معنادار رطوبت در نقاط ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و نیز آب قابل دسترس شدند که بیشترین تأثیر مربوط به تیمار ۴۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود. تجادا و گونزالز (۲۴) در نتیجه تحقیقات خود در زمینه اثر ورمی‌کمپوست و کود دامی غنی شده با کود شیمیایی، بر خواص فیزیکی خاک، میزان رطوبت بیشتری را در پتانسیل‌های ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و نیز آب در دسترس بیشتری را در خاک‌های تیمارشده با ورمی‌کمپوست غنی‌شده گزارش کردند. مارینوری و همکارانش (۱۹) نیز طی آزمایش خود به منظور بررسی اثر کود دامی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر برخی خواص فیزیکی خاک، بیشترین رطوبت در پتانسیل ظرفیت زراعی و به دنبال آن بیشترین آب قابل دسترس را به تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود دامی نسبت دادند. به‌علاوه، زیتین و آران (۲۶) طی آزمایشی در نتیجه اضافه کردن مواد آلی به خاک، درصد افزایش رطوبت را در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم به ترتیب ۳۱/۷ و ۲۴/۱ درصد گزارش کردند. در واقع، کاربرد هم‌زمان کودهای آلی و شیمیایی در خاک به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی سطوح ذرات خاک، قابلیت نگهداری آب خاک و به دنبال آن رطوبت خاک را در نقاط مختلف پتانسیلی افزایش می‌دهد (۱۱).

### مدیریت آب و آبیاری

11. Aggelides S M and Londra P A (2000) Effect of compost produced from town wastes and sewage sludge on the Physical Properties of a loamy and Clay soil. *Bioresource Technology*. 71: 235-259.
12. Akanni D I., and Ojeniyi S O (2007) Effect of different levels of poultry manure on soil physical properties. Nutrients status, growth and yield of tomato. *Agronomy*. 1: 1. 1-4.
13. Bansal S and Kapoor K K (2000) Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia Foetida*. *Bioresource Technology*. 73: 95-98.
14. Claudio P J, Raphael B, Alves F, Kamila L R, Brunade S N and Priscila B (2009) Zn(II) adsorption from synthetic solution and kaolin wastewater on vermicompost. *Science of the Total Environment*. 162: 804-811.
15. Dickerson G W (1999) *Vermicompost Guide*. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and home Economics. New Mexico State University.
16. Gelik I, Ortas I and Kilik S (2004) Effect of compost, Mycorrhiza, Manure and fertilizer on some physical properties of Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*. 78: 59-67.
17. Jat R S and Ahlawat P S (2006) Direct and residual effect of vermicompost biofertilizers and nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Sustainable Agriculture*. 28: 41-54.
18. Lee G W and Bauder J W (1986) Particle Size Analysis. In: *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (Ed). Part1 (sndEdn.) *Agronomy*. Monger. 9, ASA and SSSA, Madison, WS, USA, pp.: 383-411.
19. Marinari S, Masciandro B and Grego S (2000) Influence of organic and mineral fertilizer on soil physical properties. *Geoderma*. 72: 9-17.
۳. اکبری نیا، ا.، قلاوند ا. و شریفی ا.، (۱۳۸۳)، «تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر خواص خاک، جذب و غلظت عناصر توسط گیاه دارویی زنیان و عملکرد آن». پژوهش و سازندگی. ۶۲: ۱۱-۱۳.
۴. بای‌وردی ی م.، ملکوتی م ج.، امیرمکری ه. و نفیسی م.، (۱۳۷۹)، «تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار». نشر آموزش کشاورزی، کرج. ۲۸۲ صفحه.
۵. بهره‌مند م ر.، افیونی م.، حاج عباسی م. و رضایی‌نژاد ی.، (۱۳۸۱)، «تأثیر فاضلاب بر روی تعدادی از خصوصیات فیزیکی خاک». علوم و تکنولوژی کشاورزی و منابع طبیعی. ۶(۴): ۱-۹.
۶. بی‌نام. مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پساب‌ها برای آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران. ۴۵ صفحه.
۷. درزی م ت.، قلاوند ا. و رجالی ف.، (۱۳۸۷)، «بررسی اثر مایکوریزا، رومی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه، در گیاه دارویی رازیانه». علوم زراعی. ۱۰(۱): ۸۸-۱۰۹.
۸. علیزاده ا.، (۱۳۷۸)، «رابطه آب و خاک و گیاه». انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد. ۳۵۳ صفحه.
۹. علیزاده ا.، (۱۳۸۳)، «فیزیک خاک». انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد. ۲۶۷ صفحه.
۱۰. میرزایی تالارپشتی ر.، کامبوزیا ج.، صباحی ح. و دامغانی ع.، (۱۳۸۸)، «اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی». پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۱): ۲۵۷-۲۶۷.

20. Matos G D and Arrunda M A Z (2003) Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. *Process Biochemistry*. 39: 81-88.
21. Ridvan K (2004) Cu and Zn accumulation in earth worm *Lumbricusterrestris* in sewage sludge amended soil land fraction of Cu and Zn casts and surrounding soil. *Science*. 22: 141-145.
22. Roots of peace (2008) Soil testing perennial crop support series Jalalabad, Afghanistan, Publication No. 2008-001-AFG.
23. Sains J, Tboada-Castro M T and Vilarino A (1998) Growth, Mineral nutrition and Mycorrhizal colonization of clover and cucumber plant grows in a soil amended with vermicompost and composted urban wastes. *Plant and Soil*. 205: 85-92.
24. Tejada M and Gonzalez J L (2008) Influence of two organic amendments on the soil physical properties. *Geoderma*. 145: 325-334.
25. Tejada M, Garcia-Martinez A M and Parrado J (2009) Effect of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. *Catena*. 77: 238-247.
26. Zeytin S and Aran A (2003) Influence of composted Hazelnut hark on some physical properties of soils. *Bioresource Technology*. 88: 241-245.



## Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)  
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 7 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2017-18

### The concurrent effect of Vermicompost and unconventional water on soil physical properties

*Hossein Mirzaei-Takhtgahi<sup>1\*</sup>, Houshang Ghamarnia<sup>2</sup>*

1. Ph.D., Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Professor, Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: August 15, 2017

Accepted: September 27, 2017

#### Abstract

This study was conducted to investigate the effect of vermicompost on soil physical properties in two treatments with three replications, by using of vermicompost and control treatment in two soil layers 30 and 60 cm under irrigation with unconventional water at Agricultural and Natural Resources Campus of Razi University in 2016. The effect of vermicompost on soil physical properties including bulk and practical density ( $\rho_b$  and  $\rho_a$ ), porosity ( $n$ ), saturated hydraulic conductivity ( $K_s$ ), soil moisture characteristic curve, field capacity ( $\theta_{FC}$ ), permanent wilting point ( $\theta_{PWP}$ ) and available water (AW) were evaluated. The results showed that the use of vermicompost significantly increased soil hydraulic conductivity and permanent wilting point but did not have significant effect on the other properties. The vermicompost increased the saturation hydraulic conductivity in two layers as 22.2% and 43.5%, respectively and had a positive effect on soil moisture characteristic curve. Also, in vermicompost treatment, moisture content in the first and second layers increased at field capacity 21.1 and 21.5, at permanent wilting point 32 and 24 and at available moisture 9.3% and 18.6%, respectively. Vermicompost increased the bulk density of the first and second layers as 7.3% and 7%, but reduced the practical density 2.1 and 1.2 and the soil porosity as 18.9% and 18.2%, compared to control treatment. Finally, the results showed that although vermicompost statistically did not change more soil physical properties but in general improved soil physical conditions.

**Keywords:** bulk density, field capacity, practical density, saturated hydraulic conductivity, soil moisture characteristic curve.