

## تأثیر ورمی کمپوست و کود شیمیایی اوره بر تغییرات ماهانه رواناب در مقیاس کرت

- مریم رضایی پاشا<sup>۱</sup>، کاکا شاهی<sup>۲\*</sup>، قربان وهابزاده<sup>۲</sup>، عطااله کاویان<sup>۲</sup>، مهدی قاجار<sup>۳</sup>، پاسکال جوکنت<sup>۴</sup>
۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴. پژوهشگر مؤسسه تحقیقات اکولوژی و علوم محیطی، فرانسه

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۲/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۳/۳۰)

### چکیده

در مطالعه حاضر تغییرات ماهانه کمیت و کیفیت رواناب تحت تأثیر استفاده تلفیقی از کود ورمی کمپوست و کود شیمیایی اوره در شمال ایران بررسی شد. بدین منظور ۱۸ کرت ۵ × ۱ متر روی اراضی کشاورزی با شیب ۱۴ درصد تحت شرایط بارش طبیعی در سال ۱۳۹۳ به مدت پنج ماه برای اندازه‌گیری رواناب نصب شدند. در مجموع رواناب‌های به دست آمده از ۱۲ رگبار از دی‌ماه ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ۱۳۹۴ بررسی شد. تیمارهای بررسی شده شامل تیمار شاهد (بدون کود آلی و شیمیایی)، ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره، ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره، ۷۵ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره، ۵۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره است. نتایج نشان داد پارامترهای تولید رسوب، غلظت نیترات، EC و pH رواناب تحت تأثیر تیمارهای تلفیقی ورمی کمپوست و کود اوره قرار نگرفته است، اما استفاده از ورمی کمپوست به کاهش معنادار حجم رواناب در سطح اطمینان ۹۹ درصد در ماه نخست آزمایش منجر شده است. در مجموع، نتایج نشان‌دهنده اثرگذاری مثبت ورمی کمپوست بر کمیت رواناب است، اما این اثرگذاری بر مدیریت کمیت و کیفیت رواناب در اراضی شیب‌دار محدود بوده است.

**کلیدواژگان:** اراضی کشاورزی، حجم رواناب، شمال ایران، کیفیت رواناب، ورمی کمپوست.

## مقدمه

بر کمیت و کیفیت رواناب توجه کرده‌اند. مطالعات انجام‌شده بیان‌کننده این مسئله بوده است که ورمی کمپوست به کاهش کمیت رواناب و تأثیر مثبت بر کیفیت رواناب منجر شده است [۱۶، ۳، ۳۱ و ۳۲]، اما کمبود وجود داده‌های کمی مرتبط سبب شده است تا ما اطلاعات جامعی درباره تأثیر ورمی کمپوست بر کمیت و کیفیت رواناب و فرسایش خاک در اراضی کشاورزی نداشته باشیم.

با توجه به قابلیت‌های بالقوه ورمی کمپوست در زمینه اثرگذاری بر خصوصیات خاک و رواناب، در بررسی حاضر تلاش شده است با بهره‌گیری از این پتانسیل ورمی کمپوست، قدمی در جهت کاهش مصرف بی‌رویه کود شیمیایی و آثار نامطلوب زیست‌محیطی آن در اراضی کشاورزی برداشته شود. بنابراین، در این پژوهش مقادیر مختلف ورمی کمپوست جایگزین بخشی از کود شیمیایی مصرفی شده است و به دنبال آن سعی شده است تا آثار استفاده از ورمی کمپوست در اراضی کشاورزی در مقیاس کرت بر تغییرات ماهانه کیفیت رواناب (غلظت نیترات، تولید رسوب، pH و EC) و کمیت رواناب (حجم رواناب) تحت بارش طبیعی مطالعه شود.

## مواد و روش‌ها

## سایت مطالعه‌شده

سایت مطالعه‌شده در شمال ایران، در ۱۰ کیلومتری شهرستان ساری در روستای لالیم در استان مازندران واقع شده است و دارای مختصات جغرافیایی ۴۰°۴۹′۲۳″ درجه شمالی و ۶۹°۸′۱۲″ درجه شرقی است. نمایی از موقعیت جغرافیای کرت‌های مطالعه‌شده در شکل ۱ ارائه شده است. میانگین بارش سالانه در این منطقه ۷۰۶ میلی‌متر و میانگین رطوبت ۷۵/۵۳ درصد و میانگین دمای هوای روزانه ۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد است. کشت متداول منطقه گندم دیم است و اراضی کشاورزی بررسی‌شده میانگین شیب ۱۴ درصد [۳۳-۳۵] دارند. بافت خاک منطقه رسی با مقدار رس بیشتر از ۴۲ درصد و مقدار کربن و نیتروژن به ترتیب ۱/۲۸ و ۰/۱۶ درصد است.

## طرح آزمایش

در این مطالعه طرح بلوک کامل تصادفی شامل سه تکرار [۳۶] و [۳۷] و شش تیمار برای مقایسه آثار تیمارهای ورمی کمپوست همراه با کود شیمیایی اوره (۴۶ درصد) [۳۶] و یا

رواناب ایجادشده توسط بارش باران، یکی از فاکتورهای هیدرولوژی سطحی است که بیشتر در آلودگی آبخوان‌ها به واسطه انتقال آلوده‌کننده‌های محلول و ذرات معلق مشارکت می‌کند [۱]. نیتروژن و فسفر انتقال داده‌شده در رواناب تأثیر مهمی در غنی‌شدن آب<sup>۱</sup> [۲-۴] دارند. بنابراین، مقدار آب استفاده‌شده برای آشامیدن و آبیاری تحت تأثیر مستقیم کیفیت آب قرار دارد. در مدیریت منابع آب، بررسی کیفیت آب‌های سطحی به اندازه کمیت آنها مورد توجه قرار گرفته است [۵]. امروزه مدیریت کمی و کیفی منابع آب به سبب افزایش نیازها و سطوح مصرف جوامع انسانی اهمیت ویژه‌ای یافته است [۶].

یکی از گزینه‌های پیشنهادی به منظور کاهش آلودگی آب و تلفات رواناب، استفاده از کودهای آلی است [۷]. استفاده از کودهای آلی در سیستم‌های کشت با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار است [۸]. یکی از انواع کودهای آلی، ورمی کمپوست است که امروزه توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول است [۸ و ۹]. ورمی کمپوست از طریق فرآوری ضایعات آلی نظیر کود دامی، بقایای گیاهی و غیره توسط ارتباط متقابل کرم‌های خاکی و میکروارگانیزم‌ها حاصل می‌شود که رسیدگی و فعالیت‌های میکروبی زیادی دارد [۱۰]. این ماده تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری زیاد عناصر معدنی، تهویه و زهکش مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب و مواد مغذی را دارد به شکلی که به آسانی توسط گیاه جذب می‌شود [۸ و ۱۱] و عاری از بو [۸] و عوامل بیماری‌زاست [۹]. افزودن ورمی کمپوست به خاک به بهبود ظرفیت نگهداری آب [۱۲ و ۱۳] و تخلخل [۱۲ و ۱۴] و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک [۱۵ و ۱۶] منجر می‌شود. پژوهشگران بسیاری اثر کودهای آلی بر کمیت و کیفیت رواناب را در عرصه تحت بارش طبیعی [۱۷-۲۲] و یا تحت شبیه‌سازی باران [۲۳-۳۰] مطالعه کرده‌اند. تحقیقات انجام‌شده در دهه‌های گذشته پتانسیل زیاد کودهای آلی در کاهش رواناب سطحی و فرسایش خاک را تأیید کرده‌اند [۲۲ و ۳۰]، اما تعداد معدودی از مطالعات به اثر ورمی کمپوست

است. مقادیر مصرفی کود شیمیایی اوره به سه قسمت پایه، سرک اول و سرک دوم به ترتیب در تاریخ‌های ۹ دی و ۸ اسفند ۱۳۹۳ و ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۴ به خاک اضافه شدند. مقادیر مختلف ورمی کمپوست در عمق ۱۵ سانتی‌متری نخست خاک در کرت‌هایی با ابعاد ۱×۵ متر [۳۸] مخلوط شدند که موازی با شیب دامنه نصب شده بودند. این کرت‌ها با ورقه‌های گالوانیزه با عرض ۲۰ سانتی‌متر محصور شده بودند که حدود ۱۰ سانتی‌متر از ورقه فلزی در زیر زمین قرار گرفته تا مانع ورود جریان رواناب از بیرون به داخل کرت‌ها شود [۱۸ و ۳۹]. بعد از هر بارش، رواناب‌های جمع‌شده در سطح هر کرت در یک مخزن ۱۲۰ لیتری سرپوشیده وارد شدند. ورمی کمپوست از کود دامی تهیه شده و خصوصیات ورمی کمپوست استفاده‌شده در جدول ۱ ارائه شده است.

بدون کود شیمیایی بر کمیت و کیفیت رواناب استفاده شده است. تیمارهای بررسی‌شده شامل تیمار شاهد (بدون کود آلی و شیمیایی) (CTRL)، ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست (100 V)، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره (100 U)، ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره (100 V+50 U)، ۷۵ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره (75 V+50 U)، ۵۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره (50 V+50 U) هستند. مقادیر وزنی ورمی کمپوست و کود شیمیایی اوره در تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. بر حسب میزان مصرف متعارف کود شیمیایی اوره در منطقه، ۱۵۰ کیلوگرم اوره ۴۶ درصد در نظر گرفته شد و میزان معادل دو برابر آن برای کود ورمی کمپوست با ازت ۱/۵۳ درصد برابر با نُه تن در هکتار ماده خشک ورمی کمپوست محاسبه شد که برابر با تیمار 100 V

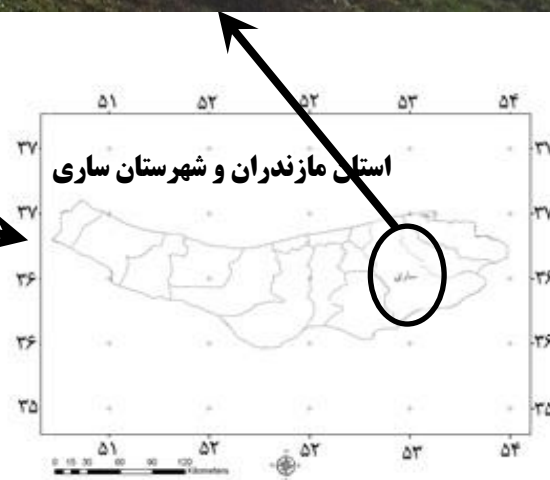
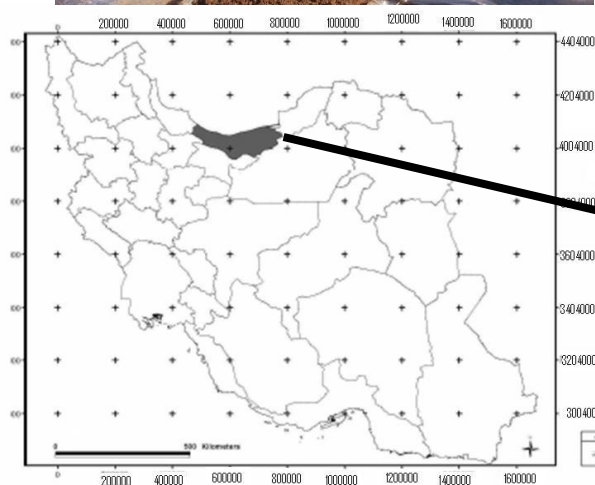
جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم خاک و ورمی کمپوست

پارامتر	خاک	ورمی کمپوست
بافت	رسی	
شن (%)	۱۷/۳۱	
سیلت (%)	۳۹/۷۸	
رس (%)	۴۲/۹۱	
ازت کل (%)	۰/۱۶	۱/۵۳
فسفر (%)	۰/۰۰۳۹	۰/۶۷
پتاسیم (%)	۰/۰۲۶۲	۰/۳۰۲
کربن آلی (%)	۱/۲۸	۱۳/۳۰
هدایت الکتریکی (ds/m)	۰/۴۳۵	۵/۷۲
pH	۶/۲۷	۶/۶۷

جدول ۲. مقدار وزنی ورمی کمپوست و کود شیمیایی اوره برای درصدهای مختلف تیمارهای تلفیقی

کد تیمار	وزن اوره (kg.ha <sup>-1</sup> )	وزن خشک ورمی کمپوست (t.ha <sup>-1</sup> )	کود اوره (%)	ورمی کمپوست (%)
(CTRL)	۰	۰	۰	۰
۵۰ V+ ۵۰ U	۷۵	۴/۵	۵۰	۵۰
۷۵ V+ ۵۰ U	۷۵	۶/۷۵	۵۰	۷۵
۱۰۰ V+ ۵۰ U	۷۵	۹	۵۰	۱۰۰
۱۰۰U	۱۵۰	۰	۱۰۰	۰
۱۰۰V	۰	۹	۰	۱۰۰

V= ورمی کمپوست U= کود شیمیایی اوره CTRL= تیمار شاهد بدون کود آلی و شیمیایی



شکل ۱. نمایی از موقعیت جغرافیایی کرت‌های جمع‌آوری رواناب در روستای لالیم در حاشیه شهر ساری در استان مازندران

تلفات مواد مغذی در هر کرت با ضرب غلظت مواد مغذی اندازه‌گیری شده در حجم رواناب هر کرت به دست آمد.

#### آنالیز آماری

از نرم‌افزار Statistix8 و SPSS.16 برای آنالیز آماری استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از ضریب چولگی استفاده شد. در صورتی که داده‌ها توزیع نرمال نداشتند، از تبدیل داده‌ها استفاده شد [۴۱] و در صورت نرمال نبودن داده‌ها، بعد از تبدیل از آزمون ناپارامتریک فریدمن استفاده شد. روش آنالیز واریانس برای مقایسه میانگین پارامترهای کمیت رواناب (حجم رواناب) و کیفیت رواناب (غلظت نیترات، تولید رسوب، pH و EC) در بین تیمارهای مختلف استفاده شد. تفاوت معنادار میانگین‌ها با روش دانکن در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد بررسی شد.

#### نمونه‌برداری و آنالیز رواناب

رواناب‌های ایجاد شده بعد از هر بارش طبیعی در صورتی که قابل اندازه‌گیری بودند، برداشت شدند و در مجموع رواناب‌های ۱۲ رویداد بارشی طی پنج ماه نمونه‌برداری شدند. تاریخ و مقادیر بارش ثبت شده در هر رگبار در شکل ۲ ارائه شده است. از هر مخزن نمونه‌برداری ۵۰۰ سی‌سی نمونه بعد از اینکه کاملاً به هم زده شدند، برداشت شدند. نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد ذخیره شده و سپس با کاغذ صافی واتمن فیلتر شدند. کاغذ و رسوب در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند [۳۳ و ۲۲].

غلظت تولید رسوب (میلی‌گرم/لیتر) از جرم رسوب جمع‌آوری شده روی کاغذ صافی تقسیم بر حجم رواناب فیلتر شده به دست آمد. سپس رسوب کل هر کرت با ضرب غلظت رسوب نمونه در حجم رواناب همان رگبار به دست آمد [۴۰]. غلظت نیترات با استفاده از Metrohm 882 (ICP) Compact IC Plus اندازه‌گیری شدند [۴۰]. جرم

نتایج و بحث

حجم رواناب

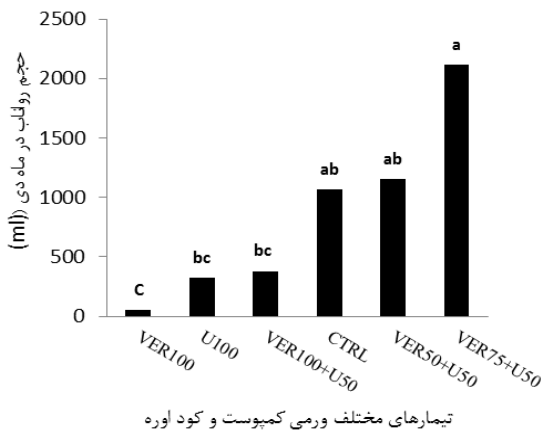
نتایج تجزیه واریانس نشان داد حجم رواناب در نخستین ماه انجام آزمایش در ماه دی تحت تأثیر استفاده از مقادیر بیشتر ورمی کمپوست کاهش معناداری در سطح اطمینان ۹۹ درصد داشته است؛ ولی در سایر ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت اختلاف معناداری مشاهده نشده است (جدول ۳ و شکل ۳). در بررسی تغییرات حجم رواناب مجموع ماهانه نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد که استفاده از کود ورمی کمپوست ۱۰۰ درصد (معادل ۹ تن در هکتار) در هر دو حالت همراه با کود اوره و بدون کود اوره به کاهش حجم رواناب منجر شده است، اگرچه این نتایج در مجموع ماهانه معنادار نبوده است. چاری و همکارانش [۳۲] با تلفیق مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم ورمی کمپوست در خاک لومی و تحت شبیه‌سازی بارش، کاهش حجم رواناب و فرسایش خاک را با افزایش میزان ورمی کمپوست تأیید کرده‌اند که با یافته بررسی حاضر مطابقت دارد.

یافته‌های بررسی حاضر مبنی بر اثرگذاری استفاده از کود آلی بر کاهش حجم رواناب با یافته‌های جیلی و ریس [۴۲]، مارتینز و همکارانش [۲۵]، کلاسن و همکارانش [۱۶] و دووان و همکارانش [۳۱ و ۲۲] مطابقت داشت. همچنین نتایج سایر ماه‌ها که حجم رواناب تحت تأثیر کود آلی قرار نگرفته است با نتایج جیلی و اقبال [۲۴] و بکر و همکارانش [۳۱] مطابقت داشت. ژی و همکارانش [۲۲] نیز دریافتند که تیمار بیوسولید اثر شایان توجهی بر کاهش حجم رواناب در مقایسه با تیمار بدون بیوسولید در مقیاس کرت و تحت بارش طبیعی دارد. دووان و همکارانش [۳۱] نیز معتقدند که تحت تأثیر استفاده از اصلاح‌کننده آلی مقدار رواناب به‌طور معناداری کاهش داشته است به‌طوری که در بین سه اصلاح‌کننده آلی شامل کود بوفالو، کمپوست و ورمی کمپوست بیشترین کاهش معنادار مرتبط با ورمی کمپوست بوده است.

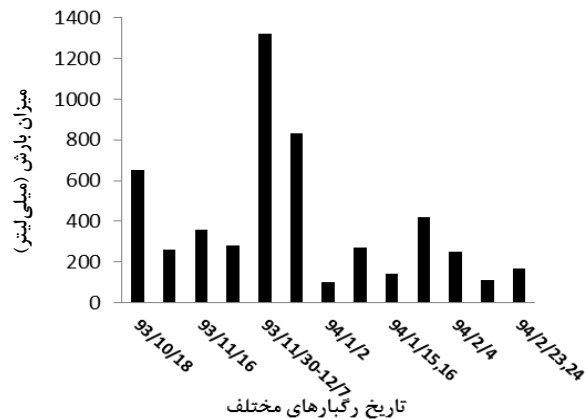
جدول ۳. تجزیه واریانس (MS) حجم رواناب در ماه‌های مختلف تحت تأثیر تیمارهای تلفیقی ورمی کمپوست و اوره

منبع تغییرات	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
بلوک	۱۴۵/۳	۱/۹	۱/۴۷	۰/۸۵	۰/۰۲
تیمار	۵۹۰/۲۸**	۰/۱۶ n.s	۰/۷۴ n.s	۱/۰۶ n.s	۰/۷۵ n.s
خطا	۷۲/۴۰	۰/۷۱	۱/۹۵	۱/۵۸	۱/۴۹

\*\*معناداری در سطح ۹۹ درصد، n.s. غیرمعنادار



شکل ۳. نتایج آزمون دانکن در مقایسه حجم رواناب تحت تأثیر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و اوره در ماه دی



شکل ۲. مقادیر بارش ثبت‌شده در رگبارهای مختلف

### تولید رسوب رواناب

نتایج تولید رسوب رواناب نشان داد اختلاف معناداری بین داده‌های تولید رسوب تحت اثر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و کود اوره در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد.

نبود اثر معنادار کاربرد ورمی کمپوست بر تولید رسوب رواناب با یافته‌های جیلی و اقبال [۲۴] و بکر و همکارانش [۲۷] و تجادا و گنجالز [۴۴] مطابقت داشت. در بررسی تغییرات مجموع ماهانه تولید رسوب رواناب نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد که استفاده از کود ورمی کمپوست در هر دو حالت تلفیق با کود اوره و بدون کود اوره به کاهش تولید رسوب رواناب نسبت به تیمار شاهد منجر شد. اگرچه این نتایج در مجموع ماهانه نیز معنادار نبود، محققان مختلفی همچون پرسین و همکارانش [۴۵]، فاکتی و همکارانش [۴۶] و دووان و همکارانش [۳۱] در یافته‌های خود بر اثرگذاری کود آلی بر کاهش تولید رسوب تأکید کرده‌اند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد.

### غلظت نیتрат رواناب

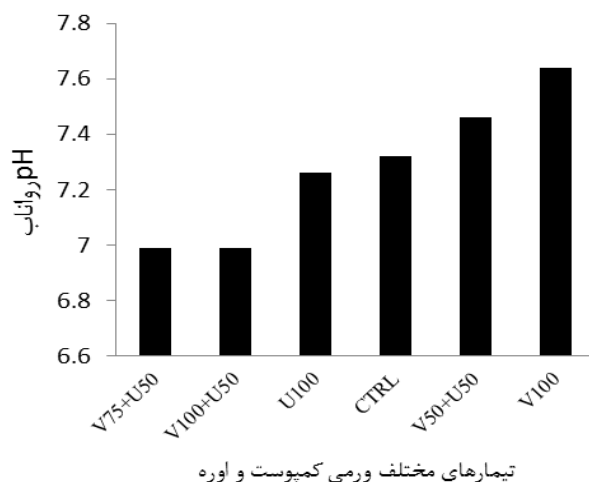
غلظت نیترات رواناب در ماه‌های دی، بهمن و فروردین تحت تأثیر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و کود اوره اختلاف معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ندارد. بررسی مقادیر اندازه‌گیری‌شده نیترات رواناب نشان داده است پاسخ تیمارها طی رگبارهای بارشی متفاوت بوده است. مقادیر نیترات رواناب نوسانات زیادی طی رگبارهای مختلف و در هر تیمار دارد که ممکن است به دو دلیل شدت و مقدار بارش باشد. رخ دادن رگبارهایی با شدت و مقدار بارش مختلف سبب شده است غلظت نیترات رواناب در زمان و تیمار تغییر کند. علاوه بر این، چون فاصله زمانی بین افزودن ورمی کمپوست به خاک و اندازه‌گیری رواناب کوتاه بوده است، سبب شده است مقادیر نیترات رواناب ثبات نداشته و از یک رگبار تا رگبار بعدی متغیر باشد.

غلظت نیترات رواناب در ماه‌های فروردین و بهمن نسبت به سایر ماه‌ها کمتر بوده است که می‌توان علت آن را به دو مسئله نسبت داد: ۱. غلظت نیترات به اندازه کافی در خاک وجود نداشته تا در رواناب تخلیه شود؛ ۲. اگر نیترات کافی از ورمی کمپوست و اوره در خاک وجود داشته است، ممکن

است الگوی بارش به‌گونه‌ای بوده است که نیترات رواناب در خاک نفوذ یافته است و از طریق رواناب شسته نشده است. دووان و همکارانش [۳۱] و لیو و همکارانش [۴۷] کاهش نیترات رواناب تحت تأثیر کود آلی را گزارش کردند که با یافته پژوهش حاضر مغایرت داشت. شوکای و همکارانش [۴۸]، تجادا و گنجالز [۴۴] و فاکتی و همکارانش [۴۶] نیز افزایش نیترات رواناب تحت تأثیر کود آلی را گزارش کردند. فاکتی و همکارانش [۴۶] مشاهده کردند که تلفات مواد مغذی از بیشتر تیمارهای کمپوست بیشتر از خاک لخت یا تیمارهای مالچ است. کلاسن و همکارانش [۱۶] دریافتند که نیترات به‌طور معناداری تحت کاربرد ورمی کمپوست در خاک‌های مختلف قرار گرفته است. خاک‌هایی که رس بیشتری دارند بارهای منفی را جذب خواهند کرد به‌خصوص یون‌های منفی را جذب می‌کنند. در بررسی حاضر خاک منطقه مطالعه‌شده ۴۲/۹۱ درصد رس دارد که با توجه به یافته‌های کلاسن و همکارانش [۱۶] می‌توان کاهش غلظت نیترات رواناب نسبت به شاهد را در رواناب در مجموع ماهانه به آن نسبت داد، اگرچه این کاهش معنادار نبوده است. ممدوف و همکارانش [۴۳] نیز تأکید داشتند که اصلاح‌کننده‌های آلی تأثیر مستقیم بر کنترل رواناب و فرسایش ندارند و آثار آنها بستگی به خصوصیات خاک و اصلاح‌کننده آلی دارد.

### pH رواناب

در بررسی حاضر طی پنج ماه اندازه‌گیری رواناب، میانگین مقدار pH رواناب در کلیه تیمارها بین دو میزان ۶/۴ و ۸/۱ نوسان داشت. pH رواناب در میانگین ماهانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و اوره اختلاف معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نداشت، که با نتایج لیو و همکارانش [۴۷] و بکر و همکارانش [۲۷] مطابقت داشت. تأثیر معنادار نداشتن ورمی کمپوست بر مقدار pH رواناب می‌تواند به علت کافی نبودن طول دوره آزمایشی باشد [۴۷]. تغییرات pH رواناب در پایان دوره آزمایشی آشکار کرده است که تلفیق مقادیر مختلف ورمی کمپوست همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره سبب شده است میزان pH رواناب کمی به سوی اسیدی شدن تمایل یابد، اما زمانی که ورمی کمپوست به‌تنهایی در قالب تیمار 100 V به کار رفته است، روند تغییر pH رواناب به سوی خنثی پیش رفته است (شکل ۴).



شکل ۴. روند تغییرات میانگین pH رواناب تحت تأثیر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و کود اوره در پایان فصل زراعی گندم

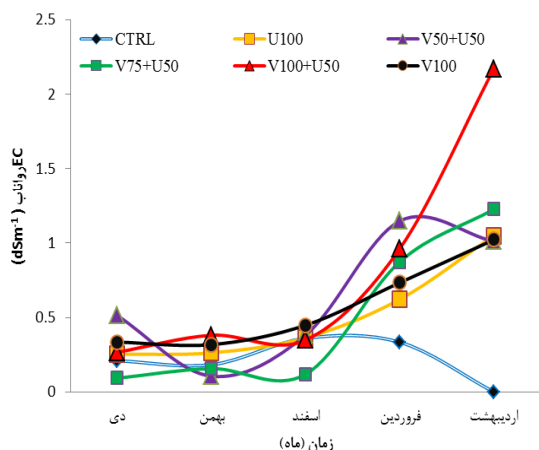
#### EC رواناب

نتایج آزمون تجزیه واریانس مشخص کرد میانگین ماهانه EC رواناب اختلاف معناداری را تحت تأثیر تیمارهای ترکیبی ورمی کمپوست و اوره در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان نداده است. بکر و همکارانش [۲۷] نیز در بررسی اثر کمپوست/مالچ بر کنترل فرسایش کناره‌های بزرگراه‌ها بیان کردند که EC رواناب هیچ تفاوت معناداری را تحت تأثیر فعالیت‌های ساختمانی و اعمال کمپوست/مالچ یا عملیات کشاورزی نشان نداده است که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد.

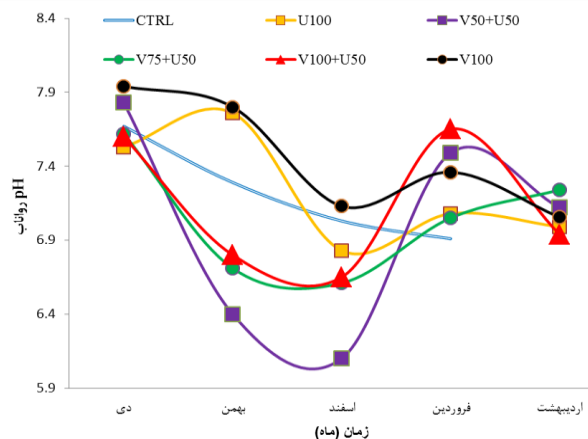
بررسی روند تغییرات EC رواناب در ماه‌های مختلف سال تحت تأثیر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و کود اوره در شکل ۶ نشان می‌دهد به‌طور کلی EC رواناب از ماه دی تا ماه اردیبهشت در کلیه تیمارها روند افزایشی داشته است؛ ولی تیمار شاهد بر خلاف سایر تیمارها روند کاهشی را طی زمان نشان داده است. این روند تغییرات بیان می‌کند که استفاده از کود ورمی کمپوست یا کود شیمیایی به‌صورت مستقل یا تلفیقی به افزایش EC رواناب نسبت به تیمار شاهد منجر شده است. مارتینز و همکارانش [۲۵] افزایش معنادار EC رواناب تحت تأثیر تیمارهای بیوسولید و زایدات شهری در مقایسه با شاهد را گزارش کردند که این یافته تأییدکننده روند تغییرات مشاهده‌شده در پژوهش حاضر است، اگرچه نتایج این تحقیق تفاوت معناداری را از لحاظ آماری نشان نداده است.

نتایج مطالعه حاضر تأییدکننده یافته‌های لیبو و همکارانش [۴۷] است که بیان کردند تیمار کود شیمیایی کمترین pH رواناب و کود آلی بیشترین pH رواناب را داشته است، اما با یافته‌های کیولبی و همکارانش [۳۳] مغایرت دارد چون آنها افزایش pH رواناب تحت تأثیر لجن فاضلاب را گزارش کردند که می‌توان وجود روندهای افزایشی و کاهشی pH رواناب در تحقیقات مختلف را به ماهیت و ترکیبات موجود در کود آلی استفاده‌شده نسبت داد.

نتایج بررسی روند تغییرات ماهانه pH رواناب به ترتیب از دی‌ماه تا اردیبهشت‌ماه (شکل ۵) بیان‌کننده این مسئله است که در ماه‌های ابتدایی بعد از افزودن ورمی کمپوست و کود شیمیایی اوره به خاک، pH رواناب در تیمارهای مختلف دارای نوسانات زیادی بوده است، اما به تدریج در ماه‌های بعد این نوسانات کاهش یافته به‌طوری که در ماه اردیبهشت دامنه تغییرات pH رواناب بسیار محدود شده است. علت این مسئله را می‌توان دو چیز دانست: ۱. با گذشت زمان از افزودن ورمی کمپوست و کود اوره به خاک، به تدریج املاح اضافه‌شده در خاک شسته شده است، بنابراین در ماه‌های ابتدایی نوسان pH رواناب بیشتر بوده است؛ ولی با گذشت زمان بیشتر (حدود اردیبهشت‌ماه) املاح موجود در خاک بسیار کاهش داشته است. در نتیجه نوسان pH رواناب هم بسیار محدود شده است؛ ۲. کاهش نوسانات pH رواناب از دی‌ماه تا اردیبهشت‌ماه را نیز می‌توان به کاهش میزان بارش تا اواسط بهار نسبت داد.



شکل ۶. تغییرات EC رواناب در ماه‌های مختلف سال تحت تأثیر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و کود اوره



شکل ۵. تغییرات pH رواناب تحت تأثیر تیمارهای مختلف ترکیبی ورمی کمپوست و اوره در ماه‌های مختلف در فصل زراعی گندم

### منابع

- [1]. Ojeda G, Tarrason D, Ortiz O, Alcan iz JM. Nitrogen losses in runoff waters from a loamy soil treated with sewage sludge. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2006; 117: 49–56.
- [2]. Qeysary M M, Hodjy M, Najafy P, Abdollahy A. Investigation of nitrate contamination of groundwater South East area of the Esfahan city. *Journal of Ecology*. 2007; 42:43-50 (Persian).
- [3]. Jouquet EP, Bloquel E, Thu Doan T, Ricoy M, Orange D, Rumpel C, et al. Do compost and vermicompost improve macronutrient retention and plant growth in degraded tropical soils?. *Compost science & utilization*. 2011; 19(1): 15- 24.
- [4]. Zhang Y, Li C, Wang Y, Hu Y, Christie P, Zh Xiaolin J. Maize yield and soil fertility with combined use of compost and inorganic fertilizers on a calcareous soil on the North China Plain. *Soil & Tillage Research*. 2016; 155: 85–94.
- [5]. Deilam M, Rohany H. The trend of runoff and surface water quality changes in the river Gorgan. *Seventh National Conference on Watershed Management Science and Engineering*. Isfahan University of Technology. Iran. 2012 (Persian).
- [6]. Hazbavi Z., Sadeghi S H R, Younesi H A. Analysis and assessing affectability of runoff components from different levels of polyacrylamide. *Journal of Water and Soil resources Conservation*. 2013; 2(2):1-13(Persian).
- [7]. Bertol J O, Eduardo Rizzi N, Favaretto , do Carmo M. Phosphorus loss by surface runoff in no-till system under mineral and organic fertilization. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)*. 2010; 67(1): 71-77.

### نتیجه‌گیری

با توجه به تحقیقات چاپ‌شده در مجلات داخلی و خارجی، در بررسی حاضر برای اولین بار از ورمی کمپوست به‌عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک به‌منظور جایگزینی کود شیمیایی اوره استفاده و تلاش شد تا به این پرسش پاسخ داده شود که آیا جایگزینی کود اوره با ورمی کمپوست به بهبود کمیت و کیفیت رواناب در عرصه و تحت بارش طبیعی منجر خواهد شد؟ در مجموع، می‌توان گفت کاربرد ورمی کمپوست در تلفیق با کود اوره به کاهش حجم رواناب در ماه اول آزمایش منجر شده است که نشان‌دهنده اثرگذاری مثبت ورمی کمپوست بر کمیت رواناب است. در عین حال مقادیر استفاده‌شده کود ورمی کمپوست در تلفیق با کود اوره به افزایش معنادار تولید رسوب و انتقال نترات به رواناب منجر نشده است، در نتیجه نمی‌توان ورمی کمپوست را با مقادیر استفاده‌شده در این بررسی منبع آلوده‌کننده رواناب در اراضی کشاورزی محسوب کرد، اما می‌توان دریافت که ورمی کمپوست تأثیر محدودی بر مدیریت رواناب در اراضی شیب‌دار داشته است.

بنابراین، پیشنهاد می‌شود با توجه به قابلیت‌های بالقوه ورمی کمپوست در زمینه اثرگذاری بر خصوصیات خاک و رواناب، به‌منظور بهبود کمیت و کیفیت رواناب در اراضی کشاورزی شیب‌دار، به انجام مطالعاتی با دوره‌های طولانی‌تر و استفاده از مقادیر بیشتر ورمی کمپوست در تلفیق با کود شیمیایی اوره توجه شود.



- [8]. Mafakhery S, Omidbeigy R, Sefidkon F, Rejali F. Effect of biofertilizers on physiological and morphological characteristics and on essential oil content in Dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). *Iranian journal of Horticultural Sciences*. 2012; 42(3):245-254 (Persian).
- [9]. Lazcano C, Dominguez J. Chapter 10 the Use of Vermicompost in Sustainable Agriculture: Impact on Plant Growth and Soil Fertility. ISBN 978-1-61324-785-3. Nova Science Publishers, Inc. 2011.
- [10]. Romaniuk R, Giuffré L, Romero R. A Soil Quality Index to Evaluate the Vermicompost Amendments Effects on Soil Properites. *Journal of Environmental Protection*. 2011; 2: 502-510.
- [11]. Dominguez J, Edwards C A. 17. Vermicomposting organic wastes: A review, *Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century*, Shakir Hanna S H, Mikhail W Z A, eds. Cairo. 2004.
- [12]. Manivannan S, Balamurugan M, Parthasarathi K, Gunasekaran G, and Ranganathan L S. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity - beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Environmental Biology*. 2009; 30(2): 275-281.
- [13]. Shahi S K. Effect of organic manures, inorganic fertilizers and biofertilizers addition on soil properties and productivity under onion (*Allium Cepa L.*). 2013; 13(1):381-387.
- [14]. Bagheri H, Afrasiab P. The effects of super-absorbent, vermicompost and different levels of irrigation water salinity on soil saturated hydraulic conductivity and Porosity and Bulk density. *International Research Journal of applied and Basic Sciences*. 2013; 4(8): 2381-2388.
- [15]. Azarmi R, Torabi Giglou M, Didar Taleshmikail R. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*. 2008; 7 (14): 2397-2401.
- [16]. Classen J, Rice J, Mark J, Rhonda Sh. The Effects of Vermicompost on Field Turnips and Rainfall Runoff. *Compost Science & Utilization*. 2007; 15 (1):34-39.
- [17]. Hansen N E, Vietor D M, Munster C L, White R H, and Provin T L. Runoff and Nutrient Losses from Constructed Soils Amended with Compost. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012. Article ID 542873, 9 pages. doi:10.1155/2012/542873.
- [18]. Cabrera V E, Stavast L J, Baker T T, Wood M K, Cram D S, Flynn R P, et al. Soil and runoff response to dairy manure application on New Mexico rangeland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009; 131: 255–262.
- [19]. Ojeda G, Alcaniz J M, Ortiz O. Runoff and losses by erosion in soils amended with sewage sludge. *Land degradation & development*. 2003; 14: 563–573.
- [20]. Bakr N, Weindorf D C, Zhu Y, Arceneaux A E, Selim H M. Evaluation of compost/mulch as highway embankment erosion control in Louisiana at the plot-scale. *Journal of Hydrology*. 2012; 468–469: 257–267.
- [21]. Liu z, Yang J, Yang zh, Zou J. Effects of rainfall and fertilizer types in nitrogen and phosphorus concentration in surface run off from subtropical tea fields in Zhejiang, china. *Nutrient cycling in Agro ecosystems*. 2012 93(3):297-307.
- [22]. Zhi-guo L, Chi-minga G, Run-hu Z, Mohamed I, Guo-shia Z, Li W, et al. The benefic effect induced by biochar on soil erosion and nutrient loss of slopping land under natural rainfall conditions in central China. *Agricultural Water Management*. 2017; 185: 145–150.
- [23]. Gholami L, Sadeghi S H R, Homae M. Different effects of sheep manure conditioner on runoff and soil loss components in eroded soil. *Catena*. 2016; 139: 99–104.
- [24]. Gilley B, Eghball. Runoff and erosion following field application of beef cattle manure and compost. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 1998; 41(5): 1289-1294.
- [25]. Martinez F, Casermeiro M A, Morales D, Cuevas G, Walter I. Effects on run-off water quantity and quality of urban organic wastes applied in a degraded semi-arid ecosystem. *The Science of the Total Environment*. 2003; 305: 13–21.
- [26]. Ramos M C, Martinez-Casasnovas J A. Nutrient losses by runoff in vineyards of the Mediterranean Alt Penede`s region (NE Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2006; 113: 356–363.
- [27]. Bakr N, Elbana T A, Arceneaux A E, Zhu Y, Weindorf D C, Selim H M. Runoff and water quality from highway hillsides: Influence compost/mulch. *Soil & Tillage Research*. 2015; 150: 158–170.
- [28]. Gilley J E, Eghball B. Residual Effects of Compost and Fertilizer Applications on nutrients in Runoff. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. 2002; Paper 22. <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/22>

- [29]. Won C H, Choi Y H, Hwan Shin M, Jae Lim K, Dae Choi J. Effects of rice straw mats on runoff and sediment discharge in a laboratory rainfall simulation. *Geoderma*. 2012; 189–190: 164–169.
- [30]. Wei X, Lia X, Wei N. Reducing runoff and soil loss using corn stalk juice at plot scale. *Soil & Tillage Research*. 2017; 168: 63–70.
- [31]. Doan Th Th, Henry-des-Tureaux Th, Rumpel C, Louis Janeau J, Jouquet P. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, Maize yield and soil erosion in northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of the total Environment*. 2015; 54: 147-154.
- [32]. Chari M M, Gazmeh S, Afrasiab P, Rezazadeh shamkhal S. Effect of vermicompost in runoff and soil erosion and water infiltration in sloped lands by using from rain simulator. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 2013; IJACS/2013/5-20/2443-2446.
- [33]. Quilbe R, Serreau Ch, Wicherek S, Bernard C, Thmas Y, Oudinet J. Nutrient transfer by runoff from sewage sludge amended soil under simulated rainfall, *Environmental Monitoring and Assessment*. 2005; 100:177–190.
- [34]. Harris-Pierce R L, Redente E F, Barbarick K A. Sewage Sludge Application Effects on Runoff Water Quality in Semiarid Grassland. *Journal of Environmental Quality*. 1994; 24(1): 112-115.
- [35]. Lal R, Kimble J M, Stewart B A. Advances in soil science, Global climate change and tropical ecosystems. In: Lal R, editor. Chapter7. Restorative eddects of *Mucuna* utilize on soil organic C pool of a severely degraded alfisoil in western Nigeria. Lewis publishers, CRC Press, Washington. 1999; P.147-157.
- [36]. He Y T, Zhang W J, Xu M G, Tong X G, Suna F X, Wang J Z, et al. Long-term combined chemical and manure fertilizations increase soil organic carbon and total nitrogen in aggregate fractions at three typical cropland soils in China. *Science of the Total Environment*. 2015; 532: 635–644.
- [37]. Guo L, Wu G, Lic Y, Lia C, Liud W, Menga J, et al. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat–maize rotation system in Eastern China. *Soil & Tillage Research*. 2016; 156: 140–147 .
- [38]. Chaplot V A M, Bissonnais Y L. Runoff Features for Inter rill Erosion at Different Rainfall Intensities, Slope Lengths, and Gradients in an Agricultural Loessial Hillslope in Soil. *Soil Science Society of America Journal*. 2003; 67:844–851.
- [39]. Albaladejo J, Castillo V, Diaz E. Soil loss and runoff on semiarid land as amended with urban solid refuse. *Land Degradation & Development*. 2000; 11:363-373.
- [40]. Biddoccu M, Ferraris S, Opsia F, Cavallo E. Long-term monitoring of soil management effects on runoff and soil erosion in sloping vineyards in Alto Monferrato (North–West Italy). *Soil & Tillage Research*. 2016; 155: 176–189.
- [41]. Noury A, Farhady M R, Aqaei M, Noury F, Aziznejad R, Farshadfar M. Application of SPSS in Agricultural Researchs. Kermanshah. Publish agricultural education. 2007 (Persian).
- [42]. Gilley J E, Risse L M. Runoff and soil loss as affected by the application of manure. *The American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2000; 43(6): 1583-1588.
- [43]. Mamedov A I, Bar-Yosef B, Levkovich I, Rosenberg R, Silber A, Fine P, Levy G J. Amending soil with sludge, manure, humic acid, orthophosphate and phytic acid: effects on infiltration, runoff and sediment loss, land degradation & development. 2016; 27(6): 1629-1639.
- [44]. Tejada M, Gonzalez J L. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. *Geoderma*. 2008; 145: 325–334.
- [45]. Persyn R A, Glanville T D, Richard T L, Laflen J M, Dixon P M. Environmental Effects of Applying Composted Organics to New Highway Embankments: Part 1. *Interrill Runoff and Erosion. Agricultural and Bio systems Engineering Publications and Papers*. 2004; 47(2): 463-469.
- [46]. Faucette L B, Risse L M , Nearing M A , Gaskin J W, West L T. Runoff, erosion, and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2004; 59 (4): 154-160.
- [47]. Liu Z, Yang J, Yang Zh, and Zou J. Effects of rainfall and fertilizer types in nitrogen and phosphorus concentration in surface run off from subtropical tea fields in Zhejiang, china. *Nutrient cycling in Agro ecosystems*. 2012; 93(3): 297-307.
- [48]. Shu-Cai Z, Zhi-Yao S, Bei-Guang CH, Qi-Tang W, Ying O. Nitrogen and Phosphorus Runoff Losses from Orchard Soils in South China as Affected by Fertilization Depths and Rates. *Pedosphere*. 2008; 18(1): 45–53.