نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۹، ص. ۱۲۸۵-۱۲۷۷

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 6, Jan.-Feb. 2021, p. 1277-1285

مقاله پژوهشی

تأثیر شوری آب آبیاری بر میزان رشد و زنده‌مانی کرم خاکی *(E. fetida)*

قاسم رحیمی[1*]- فاطره کریمی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر میزان رشد و زنده‌مانی کرم خاکی گونه *Eisenia fetida*، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در آزمایشگاه شیمی علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. انواع مختلف آب بکار برده شده در این پژوهش شامل: آب مقطر و آب‌های شور تهیه شده با نمک NaCl با هدایت الکتریکی (EC) ۶،۴،۲ و۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. آزمایش در ظروف پلاستیکی با بستر کود دامی که در یک محفظه اقلیمی با ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بمدت ۴۲ روز نگه داری شدند انجام شد. درصد زنده ماندن و تغییر وزن کرم‌های خاکی در طی ۳ و ۱۵، ۲۱، ۳۳، ۲۷، ۳۹، ۴۲ روز بعد از قرار دادن کرم‌های خاکی در ظروف پلاستیکی تعیین شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف شوری با گذشت زمان بر درصد زنده ماندن و تغییر وزن کرم‌های خاکی، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است. با افزایش میزان شوری، درصد زنده ماندن کرم‌های خاکی کاهش یافت، بطوری‌که بیشترین کاهش در طی ۴۲ روز در تیمار EC8 (آبیاری با آبی با EC ۸ دسی‌زیمنس بر متر) به میزان ۸/۳۲ درصد مشاهده شد. همچنین، با گذشت زمان تغییرات وزن کرم‌های خاکی با افزایش شوری آب آبیاری بیشتر مشهود بود، بطوری‌که کاربرد آب با EC ۸ دسی‌زیمنس بر متر در طی ۱۵روز موجب کاهش وزن کرم‌های خاکی به میزان ۱۲/۷۳ درصد گردید درحالی‌که همین میزان شوری در پایان ۴۲ روز، موجب کاهش وزن کرم‌های خاکی به میزان ۶۷/۶۷ درصد شده است. میزان LC50 برای مرگ و میر بعد از ۲۷و ۴۲ روز به ترتیب ۷/۵ و ۴/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر و میزان EC50 برای رشد به ترتیب ۷/۹۴ و ۶/۸۲ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: درصد زنده ماندن، کرم‌خاکی، هدایت الکتریکی

مقدمه

شوری خاک یک مشکل عمده در بسیاری از نقاط جهان است. شوری در این خاک‌ها در نتیجه فرآیندهای طبیعی ناشی از غلظت بالای نمک در مواد مادری یا اقدامات انسانی از قبیل آبیاری با آب آلوده به نمک‌های محلول یا استفاده از نمک به عنوان عوامل یخ زدایی در زمستان در مناطق معتدله رخ می‌دهد (۲۲ و ۳۲). با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک، بهره‌برداری مجدد از آب های نامتعارف از جمله پساب فاضلاب شهری و صنعتی، اثرات زیانباری را به محیط زیست به ویژه اراضی کشاورزی که با این آب‌ها آبیاری می‌شوند وارد می‌سازد. همچنین، شوری خاک اغلب در اراضی آبیاری شده اتفاق می‌افتد بطور کلی حدود ۵۰٪ از اراضی آبیاری شده جهان یا شور شدند یا پتانسیل شوری را در آینده خواهند داشت (۱۷).

از طرفی به دلیل کمبود مواد آلی در اراضی خشک و نیمه خشک استفاده از کودهای آلی نظیر کود دامی به عنوان منبع غنی از مواد آلی گسترش یافته است (۲۸). نتایج تحقیقات نشان داده است که کاربرد کود دامی طی فرایند تجزیه منجر به افزایش نمک‌های محلول و درنتیجه افزایش شوری خاک می‌شود. تأثیر کود دامی بر وضعیت شوری خاک بستگی به ترکیبات تشکیل دهنده آن، میزان کاربرد کود، رژیم آبیاری، زهکشی و نوع خاک دارد (۱۳ و ۱۶).

شوری معضلی برای کشاورزی، جنگلداری، توسعه مرتع و دیگر عملیات مشابه می‌باشد. همچنین بر روی رشد و زنده ماندن میکروارگانیسم‌ها (۱۲ و ۳۱)، گیاهان و جانوران خاک تأثیر می‌گذارد. اطلاعات زیادی در مورد اثرات تنش شوری بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک (۱۹ و ۲۹) و گیاهان (۱۱ و ۲۳) وجود دارد ولی آگاهی از تأثیر آن بر روی موجودات زنده مفید خاک بتدریج درحال گسترش می‌باشد.

بی‌مهرگان خاک از جمله کرم‌های خاکی حساسیت‌های مختلفی

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشیار و دانش آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: g.rahimi@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.2020.15004.0

به آلاینده‌ها دارند و به دلیل نقش آنها در تهویه و چرخه عناصر غذایی در خاک، جزء مهمی از اکوسیستم خاک محسوب می‌شوند (۲۰). بویر و همکاران (۱) اظهار نمودند فراوانی بی‌مهرگان بزرگ خاک، از جمله کرم‌خاکی، می‌تواند به عنوان یک شاخص کیفیت خاک در اکوسیستم‌های کشاورزی مدنظر قرار گیرد، زیرا همبستگی مثبتی بین فراوانی کرم‌های خاکی و حاصلخیزی گیاهان کشت شده در این خاک وجود دارد. بر این اساس، کرم‌های خاکی بطور غیر مستقیم و از طریق تحریک فعالیت و تغییر بیوماس میکروبی، تولید آنزیم‌های خاص و سرعت بخشیدن به تجزیه مواد آلی خاک، بهبود سایر شرایط محیطی حاکم بر رشد گیاه موثر هستند (۱).

آب مهمترین عامل مورد نیاز برای زنده ماندن کرم‌های خاکی و توسعه آنها می‌باشد. مقدار و کیفیت آب تعیین کننده توسعه و رشد جمعیت کرم‌های خاکی می‌باشد که به نوبه خود بر روند تجزیه بیولوژیکی آنها تأثیرگذار است. آب آبیاری مورد استفاده در کشاورزی دارای سطوح مختلف هدایت الکتریکی می‌باشد که ممکن است تأثیر مشخصی بر کرم‌های خاکی داشته باشد (۴). بسیاری از محققین نشان دادند که شوری تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر رشد و زنده ماندن کرم‌های خاکی می‌گذارد (۱۲، ۲۴ و ۳۱). قبور (۷) گزارش کرد که شوری بیش ازحد ناشی از آبیاری، در بسیاری موارد باعث محدود شدن جمعیت کرم‌های خاکی می‌شود. با این حال نقش کرم‌های خاکی در بهبود شرایط خاک و متعاقب آن رشد گیاه به عوامل متعدد از جمله سطح شوری خاک بستگی دارد. بطوری‌که رشد و فعالیت کرم‌خاکی در خاک های شور کاهش می‌یابد و یا حتی ممکن است متوقف شود.

هارتنشتاین و همکاران (۹) ضمن بررسی منابع بیان نمودند اگر مقدار NaCl از ۰/۵ درصد وزن مرطوب تجاوزکند ممکن است برای کرم‌های خاکی موجود در لجن مضر باشد. اسکات-فورتمند و همکاران (۲۷) بیان نمودند که شوری در سطح EC مساوی ۱/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث ۵۰ درصد کاهش در رشد *E. fetida* و در EC مساوی ۱/۶۳ دسی‌زیمنس بر متر۵۰ درصد مرگ و میر می‌شود. آنها قادر به تحمل قدرت یونی بالا نیستد و غلظت بالای نمک پوست حساس کرم‌های خاکی را تخریب می‌کند. مهمتر اینکه از بین نمک-های رایج خاک، کلرید سدیم برای اغلب گونه‌های کرم‌های خاکی بسیار سمی است. به منظور تعیین سمیت حاد یک ماده شیمیایی برای کرم خاکی، متوسط غلظت کشندگی (LC50) و تأثیر غلظت (EC50) آن ماده شیمیایی که موجود زنده در معرض آن قرار می‌گیرد لازم است (۱۵). اووجوری و همکاران (۱۷) در بررسی تأثیر شوری بر کرم خاکی گونه *E. fetida*، میزان LC50 (میزان غلظتی که در آن ۵۰ درصد کرم‌های خاکی مردند) و EC50 (غلظتی که در ان ۵۰ درصد کاهش در رشد کرم‌های خاکی مشاهده شد) برای نمک NaCl را تعیین کردند. اسچافر (۲۶) با بررسی منابع بیان می‌کند که مرگ و میر، رشد و تعداد کل پیله‌های تولید شده شاخص خوبی برای اندازه گیری پاسخ *E. fetida* به افزایش سطوح نمک (کلرید سدیم) می-باشند. تحقیقات زیادی در مورد تأثیر شوری بر رشد و فعالیت کرم خاکی در خاک (۱۷، ۱۸ و ۲۲) انجام شده است ولی تاکنون به بررسی رشد و زنده‌مانی کرم خاکی در بستر کود دامی تحت تأثیر سطوح مختلف شوری پرداخته نشده بود. مصرف بقایا و پسماندهای مختلف از جمله کود دامی می‌تواند علاوه بر حل معضل زیست محیطی، بستر مناسبی را برای پرورش کرم‌های خاکی فراهم کند. هدف از انجام این مطالعه، بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر میزان رشد و زنده‌مانی کرم خاکی گونه *E. fetida* در بستر کود دامی بود. دلیل انتخاب *E. fetida*در این آزمایش، کشت آسان، مقاوم بودن، میزان تولید مثل بالاتر نسبت به سایر گونه‌ها و دردسترس بودن مجموعه داده‌های نسبتا زیاد در مقالات در مورد بیولوژی و اکولوژی این گونه می‌باشد و همچنین از نمک NaCl بدلیل اینکه نمک اصلی ایجاد کننده شوری در خاک می‌باشد استفاده شده است (۱۷ و ۲۶).

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر درصد زنده ماندن و رشد کرم خاکی گونه *Eisenia fetida*، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در آزمایشگاه شیمی علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. انواع مختلف آب بکار برده شده در این پژوهش شامل: آب مقطر و آب‌های شور تهیه شده با نمک NaCl با هدایت الکتریکی (EC) ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر بوده است.

آزمایش در ظروف پلاستیکی به ابعاد ۸ × ۱۳× ۱۹ سانتی‌متر انجام شد. بستر غذایی بکار برده شده شامل ۸۰۰ گرم کود دامی بود که به هر ظرف اضافه شد و برخی از خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. ۱۰ عدد کرم خاکی برای هر ظرف درنظر گرفته شد. ظرف‌های آزمایش را با یک درپوش سوراخ‌دار برای محدود کردن تلفات آب ناشی از تبخیر پوشانده و بمنظور جلوگیری از خروج کرم‌خاکی، توری‌های نازک برای مسدود کردن ته ظرف‌ها مورد استفاده قرار گرفت و سپس در یک محفظه اقلیمی با ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ٪ ۵ ± ۶۵ بمدت ۴۲ روز نگه داشته شدند. درصد زنده ماندن و تغییر وزن کرم‌های خاکی در طی ۳ و ۱۵، ۲۱، ۳۳، ۲۷، ۳۹، ۴۲ روز بعد از قرار دادن کرم‌های خاکی در ظروف پلاستیکی تعیین شد. درصد زنده ماندن کرم‌های خاکی با تحریک آنها با استفاده از یک میله نافذ مورد بررسی قرار گرفت، کرم‌هایی که پاسخ یا عکس‌العملی نشان ندادند یا در خلال نمونه‌برداری یافت نشدند مرده در نظر گرفته شدند چون بافت آنها براحتی تجزیه شده است. همچنین با تعیین وزن تک تک کرم‌هایی که در هر ظرف زنده مانده‌اند و مقایسه میانگین

وزن آنها با مقدار اولیه، تغییر وزن کرم‌های خاکی محاسبه شد (۱۸). فاکتورLC50 (غلظتی که در آن ۵۰ درصد کرم‌ها مردند) و EC50 (غلظتی که در ان ۵۰ درصد کاهش در پارامتر اندازه‌گیری شده مشاهده شد) برای تغییر وزن کرم‌های خاکی در پایان ۲۷ و ۴۲ روز، با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 16.0 و روش تحلیل آماری Probit Analysis تعیین شد (۶). میزان EC کود دامی بسترکشت، از طریق عصاره‌گیری نسبت ۱ به ۵ کود به آب در پایان ۴۲ روز اندازه‌گیری شد.

نتایج با استفاده از تجزیه واریانس (ANOVA) و معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری .ver SPSS 16.0 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف شوری با گذشت زمان بر درصد زنده ماندن کرم‌های خاکی، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ۳ روز بعد از شروع آزمایش، افزایش شوری تفاوت معنی‌داری بر درصد زنده ماندن کرم‌های خاکی نداشته است (جدول ۲). با افزایش میزان شوری، درصد زنده ماندن کرم‌های خاکی کاهش یافته، بطوری که بیشترین کاهش در طی ۴۲ روز در تیمار EC8 (آبیاری با آبی با EC ۸ دسی‌زیمنس بر متر) به میزان ۸/۳۲ درصد مشاهده شد (شکل ۱). مرگ و میر بالا ناشی از افزایش نمک طعام توسط اووجوری و همکاران (۱۷) نیز گزارش شده که نشان دادند، کل مرگ و میر در غلظت ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم NaCl بستر خاک اتفاق افتاده است، درواقع شوری زیاد موجب سمیت بیش ازحد و مرگ و میر کرم-های خاکی شده است.

نتایج تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که مرگ و میر کرم خاکی در شوری با EC متفاوت اتفاق می‌افتد. البته سطح شوری که در آن مرگ و میر کرم‌ها شروع می‌شود به نوع و گونه کرم‌خاکی، مقدار ماده آلی خاک، ویژگی‌های خاک و نیز نوع نمک بستگی دارد (۳۰). فیشر و مولنر (۵) دریافتند در کرم‌خاکی *E. fetida* مرگ و میر بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر غلظت ۱۰۰ میلی‌مول کلرید سدیم در سوبسترای پیت و کود آلی قرار می‌گیرد و تولید پیله‌ها کاملا متوقف می‌شود.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده در آزمایش

Table 1-Some chemical properties of cattle manure used in the experiment

اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	روی	مس	منگنز	کادمیم	نیکل	سرب
pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	OC (%)	P ($mg\ L^{-1}$)	K ($mg\ L^{-1}$)	Zn ($mg\ L^{-1}$)	Cu ($mg\ L^{-1}$)	Mn ($mg\ L^{-1}$)	Cd ($mg\ L^{1}$)	Ni ($mg\ L^{-1}$)	Pb ($mg\ L^{-1}$)
9.70	1.17	33	50.63	99.2	1.62	0.39	2.63	0.14	0.85	2.13

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمار شوری در زمان‌های مختلف بر درصد زنده ماندن کرم‌های خاکی

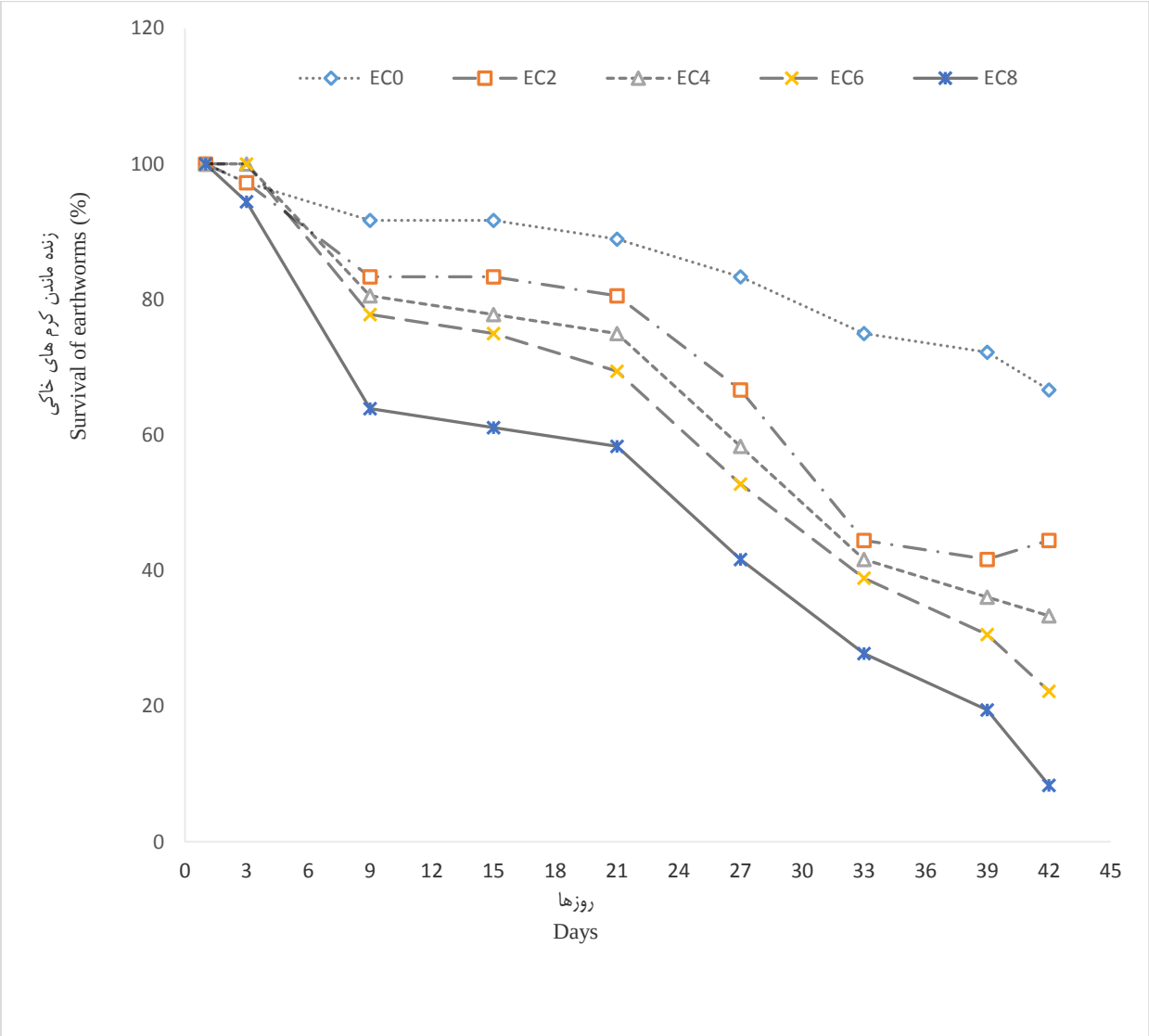
Table 2- The variance analysis of the effect of salinity treatment at different times on the % survival of earthworms

منابع تغییر Sources	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares							
		3	9	15	21	27	33	39	42
		روزها Days							
تیمار Treatment	4	16.204^{ns}	224.537*	381.944*	398.148*	796.733**	932.870*	1175.926**	1476.582**
خطا Error	10	13.889	55.556	78.704	111.111	74.074	194.444	74.074	50.926
انحراف معیار Standard deviation		3.81	10.19	12.55	13.90	16.20	20.14	19.72	21.41

ns, *, ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

Ns, *, ** are significant (P<0.01), (P<0.05) and non-significant, respectively.

در بررسی اثرات شوری کرم‌های خاکی زمان نیز اهمیت دارد. بطوری‌که در یک دوره آزمایشی ۲۸ روزه توسط اووجوری و همکاران (۱۷) نتایج نشان داده است که مرگ و میر کرم‌های خاکی *E. fetida* در روزهای ۷ و ۱۴ مشاهده شده است. نتایج آزمایش اوجوری و همکاران (۱۸) نشان داد که درصد بقا (زنده ماندن) کرم خاکی *E. fetida* و *A. caliginosa* در خاک طبیعی شور بطور قابل توجهی تحت تأثیر EC بالاتر از به ترتیب ۰/۹۲ و ۱/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر قرار گرفت.



شکل ۱- میانگین درصد زنده ماندن کرم‌های خاکی تحت تاثیر تیمار شوری در زمان‌های مختلف

Figure 1- Mean % survival of earthworms under the influence of salinity treatment at different times

همچنین، میزان LC50 محاسبه شده برای مرگ و میر بعد از ۲۷و ۴۲ روز به ترتیب ۷/۵ و ۴/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (جدول ۴). برای نمک NaCl، اووجوری و همکاران (۱۷) بعنوان مثال، LC50 در ۲۸ روز ۴۵۳۶ $mg\ kg^{-1}$ و میزان EC50 برای رشد را ۴۹۳۰ $mg\ kg^{-1}$ محاسبه کردند. هلینگ و همکاران (۱۰) دریافتند که کرم‌های جوان به سمیت حساس‌ترند بنابراین بعضی تفاوت‌های ذکر شده در مطالعات مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت سنی کرم‌ها و یا شرایط آزمایش باشد.

نتایج تجزیه واریانس درصد تغییر وزن کرم‌های خاکی تحت تأثیر سطوح مختلف شوری در همه زمان‌ها، تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمار شوری در زمان‌های مختلف بر درصد تغییر وزن کرم‌های خاکی

Table 3- The variance analysis of the effect of salinity treatment at different times on the % weight change of earthworms

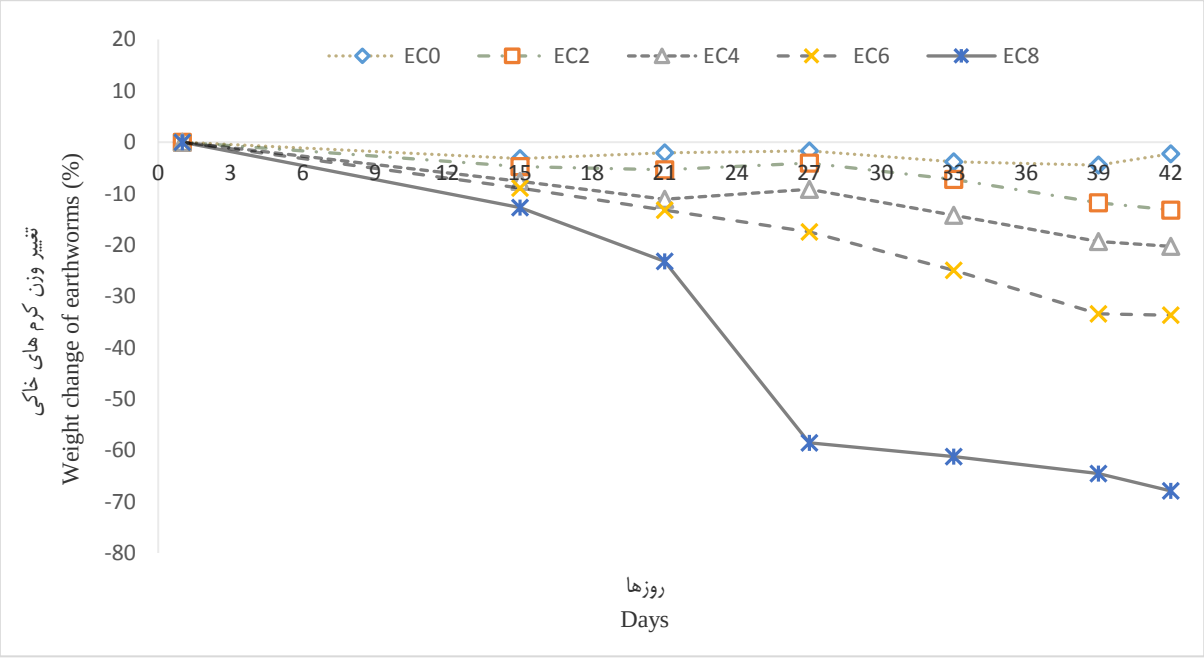
منابع تغییر Sources	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares					
		15	21	27	33	39	42
				روزها Days			
تیمار Treatment	4	41.644**	198.69**	1634.640**	1615.737**	1667.655**	1922.923**
خطا Error	10	2.889	14.897	264.203	232.931	203.100	157.842
انحراف معیار Standard deviation		3.74	8.21	25.61	25.06	24.99	25.73

ns, *, ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

ns, *, ** are significant (P<0.01), (P<0.05) and non-significant respectively.

در همه زمان‌ها، بیشترین تغییر وزن در تیمار EC8 (آبیاری با آبی با EC ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و کمترین تغییرات هم در تیمار آب مقطر بدست آمد. با گذشت زمان تغییرات وزن کرم‌های خاکی با افزایش شوری آب آبیاری بیشتر مشهود بوده، بطوری‌که کاربرد آب با EC ۸ دسی‌زیمنس بر متر در طی ۱۵ روز موجب کاهش وزن کرم های خاکی به میزان ۱۲/۷۳ درصد گردید درحالی‌که همین میزان شوری در پایان ۴۲ روز، موجب کاهش وزن کرم‌های خاکی به میزان ۶۷/۶۷ درصد شده است (شکل ۲).

کارلی و همکاران (۲) ضمن بررسی و مرور منابع مختلف اظهار نمودند که کرم‌های خاکی زمانی که در معرض نمک کلرید سدیم قرار می‌گیرند، وزن بدنشان کاهش می‌یابد. نتایج آزمایشات اووجوری و همکاران (۱۸) نشان داد میانگین وزن *E. fetida* در EC مساوی ۰/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌دار با شاهد نداشت، اما در سطح شوری با EC مساوی ۱/۰۳ دسی‌زیمنس بر متر و بالاتر در روزهای ۷ و ۲۸ کاهش معنی‌دار در میانگین وزن کرم‌ها با شاهد مشاهده شدند.



شکل ۲- میانگین درصد تغییر وزن کرم‌های خاکی تحت تاثیر تیمار شوری در زمان‌های مختلف

Figure 2- Mean % weight change of earthworms under the influence of salinity treatment at different times

در حالی‌که مرگ و میر به ترتیب در سطوح شوری ۱/۳۱ و ۱/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر اتفاق افتاد. یکی از منابع تغذیه کرم‌های خاکی ریزجانداران می‌باشد (۱۷). در خاک‌های شور علاوه بر کمبود نیتروژن و کربن آلی، ترکیبات آلی موجود در خاک به شکل غیرقابل دسترس موجودات (از جمله میکروفلور) در می‌آیند (۲۱). از طرف دیگر، شوری یکی از تنش‌زاترین شرایط محیطی برای ریز جانداران خاک محسوب می‌شود (۲۵) در نتیجه تعداد و فعالیت آن کاهش می‌یابد. با کاهش بیومس میکروبی و البته گیاهی که هر دو از منابع تغذیه‌ای کرم‌ها می‌باشند انتظار می‌رود وزن کرم خاکی در سطوح مختلف شوری به دلیل بروز کمبود مواد غذایی قابل دسترس (مواد آلی و میکروفلور) کاهش یابد.

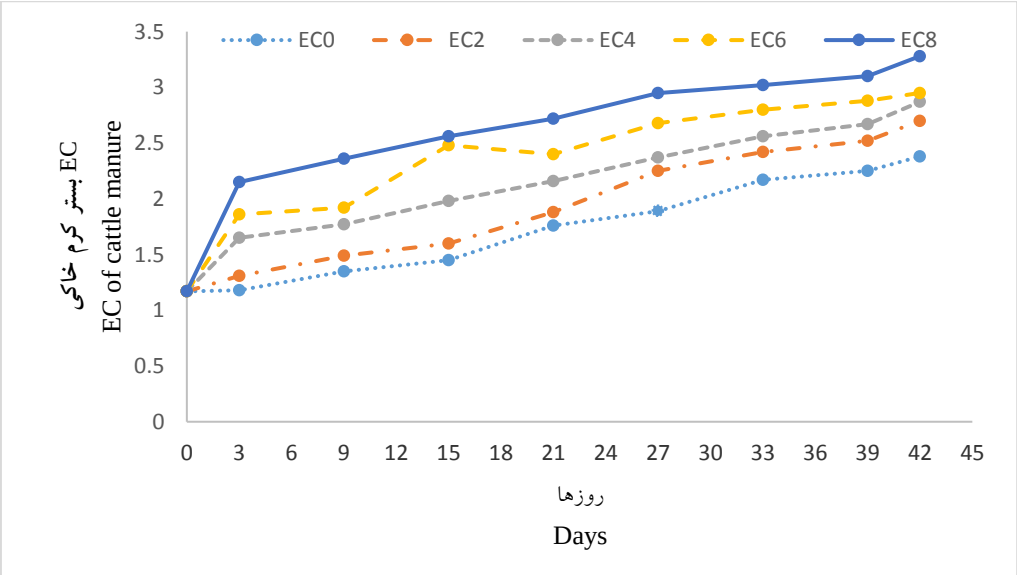
نتایج تحقیقات گوزیت و همکاران (۸) نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین میانگین وزن کرم خاکی و غلظت NaCl وجود دارد، بطوری‌که میانگین وزن کرم‌خاکی با افزایش غلظت NaCl کاهش می‌یابد. چوداری و همکاران (۳) اظهار کردند که شوری آب بعنوان یک عامل استرس‌زا تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی فعالیت عصبی کرم خاکی و پتانسیل اسمزی بدن کرم خاکی داشته، که در نهایت باعث کاهش زیست توده و میزان رشد می‌شود. میزان EC50 گزارش شده برای رشد بعد از ۲۷و ۴۲ روز به ترتیب ۷/۹۴ و ۶/۸۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (جدول ۴).

در همه زمان‌ها، بیشترین EC بستر کرم‌خاکی در تیمار EC8 (آبیاری با آبی با هدایت الکتریکی ۸ دسی‌زیمنس بر متر) بدست آمد، بطوری‌که کاربرد آب با EC ۸ دسی‌زیمنس بر متر موجب شور شدن و افزایش EC بستر کرم خاکی به میزان ۳/۲ دسی‌زیمنس بر متر در پایان ۴۲ روز گردیده است (شکل ۳). با توجه به اینکه کرم‌های خاکی در EC بیشتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر زنده نمی‌مانند، افزایش EC موجب مرگ و میر کرم‌های خاکی شده است (۱۸).

جدول ٤- غلظت کشنده (LC50) و تاثیر غلظت برای تغییر وزن (EC50) با حدود اطمینان (CI) تخمین زده شده برای کرم خاکی *Eisenia fetida* تحت تاثیر تیمار شوری در پایان ۲۷ و ٤۲ روز

Table 4- The median lethal concentration (LC50) and the median effective concentration for weight change (EC50) with their confidence intervals (CI) estimated for the earthworm Eisenia fetida affected by salinity treatments at the end of 27 and 42 days.

سدیم کلرید NaCl	LC50 در پایان 27 روز At the end of 27 days	LC50 در پایان 42 روز At the end of 42 days	EC50 در پایان 27 روز At the end of 27 days	EC50 در پایان 42 روز At the end of 42 days
هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	7.50 (5.32–21.39)	4.31(2.47–6.26)	7.94 (5.72–12.09)	6.82 (5.72–8.71)



شکل ۳- تأثیر شوری آب آبیاری بر EC بستر کرم خاکی در در زمان‌های مختلف

Figure 3- Effect of salinity on EC of cattle manure at at different times

نتیجه‌گیری

نتایج ما نشان داد که افزایش شوری اثرات مضری بر رشد و مرگ و میر کرم‌های خاکی (*Eisenia fetida*) داشته است، بطوری‌که وزن کرم‌های خاکی نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری آب آبیاری قرار گرفت. میزان LC50 برای مرگ و میر بعد از ۲۷و ۴۲ روز به ترتیب ۷/۵ و ۴/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر و میزان EC50 برای رشد به ترتیب ۷/۹۴ و ۶/۸۲ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد. استدلال استفاده از NaCl در این تحقیق بدلیل غالب بودن این نمک در اکثر محیط‌های شور به ویژه در آب‌های فاضلاب می‌باشد. از آنجا که نوع نمک غالب به منبع آلودگی بستگی دارد، بنابراین ممکن است نمک های دیگری به غیر از NaCl عامل اصلی سمیت ناشی از شوری در مناطق دیگر باشند. به همین دلیل ارزیابی سایر یون‌های نمکی موجود در خاک از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا این امر می تواند میزان سمیت موجودات زنده خاک را تعیین کند.

منابع

1- Boyer J., Micellon R., Chabanne A., Reversat G., and Tiber R. 1991. Effect of terfoli cover crop and earthworm inoculation on maize crop and soil organisms in Reunion Island. Biology and Fertility of Soils 2: 364–370.

2- Carley W.W., Caracciolo E.A., and Mason R.T. 1983. Cell and coelomic fluid volume regulation in the earthworm *Lumbricus terrestris*. Comparative Biochemistry and Physiology 74: 569-575.

3- Chaudhari P.S., Pal T.K., Battacharjee G., and Dey S.K. 2001. Suitability of rubber leaf liter as substrate for epigiec earthworms, Perionyx excavatus, Eudrilus eugeniaeand *Eisenia fetia*. In: Proc. VII Nation. Symp. Soil Biology and Ecology, Bangalore. November pp. 7-9.

4- Dayananda K., Giraddi R.S., and Gali S.K. 2008. Effect of Salt and Sewage Wateron the Survival and Reproduction of Three Earthworm Species used in Vermicomposting. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 21(1): 52-54.

5- Ficher E., and Molnar L. 1997. Growth and reproduction of *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) in seminatural soil containing various metal chlorides. Soil Biology and Biochemistry 29: 667-670.

6- Finney D.J. 1952. Probit Analysis. Cambridge, England, Cambridge University Press.

7- Ghabbour S.I. 1966. Earthworms in agriculture: a modern evaluation. Rev. Ecol. Biol. Soc 3(2): 259-271.

8- Guzyte G., Sujetoiene G., and Zaltauskaite J. 2011. Effects of salinity on earthworm (*Eisenia fetida*), The 8th International Conference May 19 –20, Vilnius, Lithuania.

9- Hartenstein R., Neuhauser E., and Collier J. 1980. Accumulation of Heavy Metals in the Earthworm *Eisenia foetida*. Journal of Environmental Quality 9(1): 23-26.

10- Helling B., Reinecke S.A., and Reinecke A.J. 2000. Effects of the fungicide copper oxychloride on the growth and reproduction of *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Ecotoxicology and Environmental. Safety 46: 108-116.

11- Kadukova J., and Kalogerakis N. 2007. Lead accumulation from non-saline and saline environment by *Tamarix smyrnensis* Bunge. European Journal of Soil Biology 43: 216–223.

12- Lippi D., De Paolis M.R., Di Mattia E., Grego S., Pietrosanti T., and Cacciari I. 2000. Effect of salinity on growth and starvation-survival of a tropical Rhizobium strain. Biology and Fertility of Soils 30: 276–283.

13- Miller J.J., Beasley B.W., Larney F.J., and Olson B.M. 2005. Soil salinity and sodicity after application of fresh and composted manure with straw or wood-chips. Canadian Joutnal of Soil Science. 85: 427–438.

14- McLean M.A., Migge-Kleian E.S., and Parkinson E.D. 2006. Earthworm invasions of ecosystems devoid of earthworms effects on soil microbes. Biology Invasions 8: 1257–1273.

15- OECD/OCDE, (1984)'OECD guideline for the testing of chemicals', Earthworm Acute Toxicity Tests".

16- Olson B.M., McKenzie R.H., Bennett D.R., Ormann T., and Atkins R.P. 2003. Manure application effects on soil and groundwater quality under irrigation in southern Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Lethbridge, AB. 377.

17- Owojori O.J., Reinecke A.J., and Rozanov A.B. 2008. Effects of salinity on partitioning, uptake and toxicity of zinc in the earthworm *Eisenia fetida*. Soil Biology and Biochemistry 40: 2385–2393.

18- Owojori O.J., Reinecke A.J., Voua-Otomo P., and Reinecke S.A. 2009. Comparative study of the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil-dwelling species (*Folsomia candida*, *Enchytraeus doerjesi*, *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*). Pedobiologia 52: 351-360.

19- Owojori O.J., and Reinecke A.J. 2014. Differences in ionic properties of salts affect saline toxicity to the earthworm *Eisenia fetida*. Applied Soil Ecology 83: 247–252.

20- Pawar R.B. 1996. Dynamics of earthworm-soil-relationship in semiarid tropics. Ph.D. Thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad (India).

21- Peinemann N., Guggenberger G., and Zech W. 2005. Soil organic matter and its lignin component in surface horizons of salt-affected soils of the Argentinean Pampa. Catena 60: 113-128.

22- Pereira C.S., Lopes L., Sousa J.P., and Chelinho S. 2015. Effects of NaCl and seawater induced salinity on survival

and reproduction of three soil invertebrate species, Chemosphere 135: 116–122.
23- Ramoliya P.J., Patel H.M., and Pandey A.N. 2004. Effect of salinisation of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Acacia catechu* (Mimosaceae). Annals of Applied Biology 144: 321–332.
24- Rietz D.N., and Haynes R.J. 2003. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. Soil Biology and Biochemistry 35: 845–854.
25- Sardinha M., Mullers T., Schmeisky H., and Joergensen R.G 2003. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. Applied Soil Ecology 23: 237-244.
26- Schaefer M. 2005. The landfile of TBT contaminated harbour sludge on rinsing fildes– A hazard for the soil fauna Risk assessment with earthworms. Water, Air, and Soil Pollutoin 165: 265-278.
27- Scott-fordsmand J.J., Stevens D.P., and Mclaughlin M.J. 2002. The combined stress of soil salinity and zinc on *Eisenia fetida*. SETAC Europe 12th Annual meeting, 226.
28- Shirani H., Abolhasani Zrraatkar M., Lakzian A., and Akhgar A. 2011. Decomposition rate of municipal wastes compost, vermi compost, manure and Pistaco compost in different soil texture and salinity in laboratory condition. Journal Water and Soil 25(1): 84-93. (In Persian with English abstract)
29-Sumner M.E. 1995. Sodic soils: new perspectives. In: Naidu, R., Sumner, M.E., Rengasamy, P. (Eds.), Australian Sodic Soils: Distribution Properties and Management. CSIRO, Melbourne, 1–34.
30- Suthar S., Singh S., and Dhawan S. 2008. Earthworms as bioindicator of metals (Zn, Fe, Mn, Cu, Pb and Cd) in soils: is metal bioaccumulation affected by their ecological category. Ecological Engineering 32(2): 99-107.
31-Yuan B., Li Z., Liu H., Gao M., and Zhang Y. 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. Applied Soil Ecology 35: 319–332.
32- Zhang S.J., Chao Y., Zhang C.L., Cheng J., Li J., and Ma N. 2010. Earthworms enhanced winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) growth and nitrogen uptake. Agriculture, Ecosystems and Environment 139(4): 463-468.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 6, Jan.-Feb. 2021, p. 1277-1285

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۹، ص. ۱۲۸۵-۱۲۷۷

Effect of Salinity on Growth and Survival of Earthworm *Eisenia fetida*

G.H. Rahimi[1]*- F. Karimi[2]

Received: 23-06-2020
Accepted: 19-12-2020

Introduction: Salinization of soil has been reported as a problem in many parts of the world. Salinization could occur either as a result of natural processes e.g. high concentrations of salt in parent materials or groundwater and/or anthropogenic actions such as over-irrigation. The salinization probably affects the chemical and physical properties of soil, soil microbiological processes, plant growth, and soil fauna. Both quantity and quality of water, however, are the most important eco-factors needed for earthworm survival and development, and also biodegradation processes.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of irrigation water salinity on the survival and growth of earthworm Eisenia Fetida, an experiment was conducted in a completely randomized design with three replications under environmental conditions of the laboratory of Soil Sciences Department of Bu-Ali Sina University in Hamedan. The different types of water used in this study were: distilled water and saline water made with NaCl salt with electrical conductivity (EC) of 2, 4, 6, and 8 dS m^{-1}. The experiment was carried out using completely randomized design in plastic containers of size 19 × 13 × 8 cm. Ten earthworms per container used in each exposure regime were introduced into the relevant test salinity by placing them on the surface and allowing them to burrow in. The test containers were covered with perforated lids to limit water loss due to evaporation and kept in 16 hours light, 8 hours dark at 25°C in a climate chamber for 42 days. Sampling was done at 3, 15, 21, 27, 33, 39, and 42 days after earthworms were introduced to the substrates to investigate mortality and weight changes of earthworms. The LC50 (concentration at which 50% of the earthworms are killed) and the EC50 (effect concentration at which a 50% reduction in a measured parameter) values for the salts expressed as conductivity (dS m^{-1}) were calculated on day 27 and 42 by using the Probit Analysis.

Results and Discussion: On day 3, no significant effect of salinity on percentages of survival was found. The survival rate of Eisenia fetida was significantly affected in the EC range used during 42 days (Table 2). The irrigation with distilled water (EC0) had the highest survival rate while the irrigation water with EC 8 dS m^{-1} had the lowest value. During the 39 days of exposure, no significant difference was found in survival rate of earthworms between EC 2, EC 4 and EC 6 dS m^{-1}, but at the end of day 42, the salinity levels with EC 8 dS m^{-1} had a significant effect on percentage of earthworm survival in which 91.68% mortality occurred. The mean weight change of earthworms exposed to water with EC 2 dS m^{-1} was not significantly different ($p < 0.01$) from those exposed to the distilled water during 39 days, but there was a decrease in earthworm weight on day 42. The calculated LC50 for mortality after 27 and 42 days was 7.5 and 4.31 dS m-1, respectively, and EC50 for growth was 7.94 and 6.82 dS m^{-1}, respectively.

Conclusion: Our results showed that increased salinity had harmful effects on the growth and mortality of the earthworms (*Eisenia fetida*). Salinity can have detrimental effects on earthworms at concentrations considered safe for many plant species. We determined 42 day LC50 for mortality 4.31 dS m^{-1} (2521 mg lit^{-1}). The EC50 for growth was 6.82 dS dS m^{-1} (3989 mg lit^{-1}). The weight of earthworms was significantly affected by NaCl and dispersion analysis showed that NaCl concentration had a statistically significant influence on the weight of earthworms. The argument for using NaCl is that it is the predominant salt in most saline environments particularly in wastewaters. Since the salt type is dependent on the source of the contamination, it is, therefore, possible that other salts apart from NaCl could be the main compounds in saline toxicity in a specific area. The results of the current study suggest that the effects of salinity depend on the salt composition. Therefore, it would be important to assess the type of salt ions in soil in risk assessment, as this affects the extent of toxicity to soil organisms.

Keywords: Earthworm, Electrical conductivity, Survival

1 and 2- Associate Professor and Ph.D. Graduate of Soil Science, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: g.rahimi@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.2020.15004.0