Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 6, Jan-Feb 2011, p. 1097-1108

نشریه آب و خاک
جلد 24، شماره 6، بهمن - اسفند 1389، ص. 1108-1097

مطالعه جمعیت و شاخص‌های رشد کرم خاکی *Lumbricus terrestris* L. در یک خاک شور شده با نمک کلرید سدیم و اهمیت مواد اصلاحی آلی در تعدیل اثر شوری

فاطمه نعمتی[1*]- فایز رئیسی[2]- علیرضا حسین پور[3]

تاریخ دریافت:88/10/23
تاریخ پذیرش:89/6/21

چکیده

شوری خاک در مناطق وسیعی از دنیا، به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک، یک عامل محدود کننده رشد گیاه و سایر موجودات زنده به شمار می‌آید. به دلیل همبستگی بین فراوانی کرم‌های خاکی و حاصلخیزی خاک، فراوانی و فعالیت کرم خاکی به عنوان یک شاخص کیفیت خاک در اکوسیستم‌های کشاورزی محسوب می‌گردد. هدف از اجرای این تحقیق مطالعه اثرات متقابل شوری خاک و مواد اصلاحی آلی بر رشد و جمعیت کرم-خاکی آنسیک (*Lumbricus terrestris* L.) بود. در این تحقیق اثر سه سطح شوری با استفاده از نمک کلرید سدیم و سه نوع ماده اصلاحی آلی (بقایای یونجه، ذرت و کود گاوی) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط یکنواخت و کنترل شده‌ی گلخانه‌ای به مدت 15 هفته مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش شوری خاک موجب کاهش معنی‌دار ($P\leq0/001$) کلیه‌ی شاخص‌های رشد کرم خاکی شد. افزایش شوری از 0/49 دسی‌زیمنس بر متر (شاهد) به 8 دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش تعداد کرم‌های خاکی (32 درصد)، وزن تر کرم‌ها (54 درصد)، وزن خشک کرم‌ها (54 درصد)، طول کرم‌ها (25 درصد) و تعداد پیله‌ها (35 درصد) شد. نتایج حاکی است که شوری اثر مضر بر رشد و فعالیت کرم خاکی دارد. مواد اصلاحی آلی اثر شوری بر کرم خاکی را تا اندازه‌ای تعدیل و سبب افزایش تمام شاخص‌های رشد کرم خاکی شدند. خاک شور تیمار شده با بقایای یونجه کمترین کاهش جمعیت کرم خاکی را در مقایسه با خاک تیمارنشده نشان داد. به‌طور خلاصه، شوری موجب کاهش رشد و فعالیت کرم خاکی *L. terrestris* می‌گردد در حالی که افزودن مواد اصلاحی آلی باعث کاهش اثرات شوری بر رشد و جمعیت کرم خاکی می‌شود.

واژه های کلیدی: کرم خاکی، شوری، مواد اصلاحی آلی، شاخص رشد، محیط‌های شور، *Lumbricus terrestris* L

مقدمه

مشکلات زیست محیطی مانند گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی، پدیده شورشدن خاک‌ها، آلودگی خاک، هوا و آب و فرسایش خاک روز به روز ابعاد تازه‌ای به خود می‌گیرند و توجه جهانیان را بیشتر به خود معطوف می‌دارند. شوری خاک در مناطق وسیعی از دنیا به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک یک عامل محدود کننده رشد گیاه و سایر موجودات زنده به‌شمار می‌آید (29). اگرچه اثر شوری بر میکروفلور خاک به طور گسترده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است (24) ولی به اثر آن بر سایر موجودات و جانوران خاک توجه کافی نشده است. شور شدن خاک اغلب کاهش رشد، جمعیت و فعالیت موجودات ریز و درشت خاک را به همراه دارد (16). بی-مهرگان خاکزی از قبیل کرم خاکی نقش برجسته و مهم در فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک در انواع اکوسیستم های طبیعی و کشاورزی و در نتیجه رشد گیاه ایفا می‌کنند (6). حجم خاکی که توسط کرم‌های خاکی به سطح خاک انتقال و یا جابجا می-شود در مناطق خشک نزدیک 5000 تا 7500 کیلوگرم در هر هکتار در سال، و در شرایط مساعد و بهینه (خاک‌های مرطوب) تا 90 تن در هر هکتار گزارش شده است (2). از سوی دیگر بویر و همکاران (6) اظهار نمودند فراوانی بی‌مهرگان بزرگ خاک، از جمله کرم خاکی، می‌تواند به عنوان یک شاخص کیفیت خاک در اکوسیستم‌های کشاورزی مدنظر قرار گیرد، زیرا همبستگی مثبت بین فراوانی کرم-های خاکی و حاصلخیزی گیاهان کشت شده وجود دارد. بر این اساس، کرم‌های خاکی به طور غیرمستقیم و از طریق تحریک فعالیت و تغییر بیوماس میکروبی، تولید آنزیم‌های خاک و سرعت بخشیدن به تجزیه موادآلی خاک، بهبود سایر شرایط محیطی بر رشد گیاه مؤثر

1- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد
(* - نویسنده مسئول: Email: Fatemeh.nemati 2010 @yahoo.com)
2و3- دانشیاران گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد

www.SID.ir

Archive of SID

هستند. با این حال نقش کرم‌های‌خاکی در بهبود شرایط خاک و متعاقب آن رشد گیاه به عوامل متعدد از جمله سطح شوری خاک بستگی دارد. به طوری‌که رشد و فعالیت کرم‌های خاکی در خاک‌های شور کاهش می‌یابد و یا حتی ممکن است متوقف گردد.

شوری خاک سبب ایجاد تغییراتی در فراوانی جمعیت و شدت فعالیت کرم‌های خاکی می‌گردد. به‌نظر می‌رسد همانند گیاهان اثرات مستقیم شوری بر کرم‌ها شامل اثرات اسمزی، یونی و تغذیه‌ای باشد. طی یک مطالعه در کشور لیبی به منظور بررسی نوع و تراکم گونه‌های کرم خاکی در ارتباط با عوامل خاکی صورت گرفت، حضور کرم‌های خاکی در EC، 0/6تا 4/7 دسی زیمنس‌بر متر گزارش شده است (4). نتایج مطالعات اوجوری و همکاران (21) نشان داد که کرم‌های خاکی می‌توانند به عنوان یک شاخص برای اختلال شوری بکار روند. اوجوری و رینک (22) ضمن بررسی منابع بیان نمودند اگر مقدار NaCl از 0/5 درصد وزن مرطوب تجاوز کند ممکن است برای کرم‌های خاکی موجود در لجن (گل ولای) مضر باشد. عموماً افزایش شوری خاک سبب کاهش جمعیت و فعالیت کرم‌های خاکی می‌شود. به عنوان مثال، دلیسل و روبیدوکس (25) اظهار کردند که کرم خاکی *Eisenia fetida* در مقابل استرس نمکی شدیداً واکنش نشان می‌دهد. اسکوت فوردسمند و همکاران (28) بیان‌نمود که شوری در سطح EC مساوی 1/25 دسی زیمنس بر متر باعث 50 درصد کاهش در رشد *E. fetida* و درEC مساوی 1/63 دسی زیمنس بر متر 50 درصد مرگ و میر می‌شود. آنها قادر به تحمل قدرت یونی بالا نیستند و غلظت بالای نمک پوست حساس کرم خاکی را تخریب می‌کند. مهم‌تر این‌که، از بین نمک‌های رایج خاک، کلرید سدیم برای اغلب گونه‌های کرم خاکی بسیار سمی است. اسچافر (27) با بررسی منابع بیان می‌کند که مرگ و میر، رشد و تعداد کل پیله‌های تولید شده شاخص‌های خوبی برای اندازه‌گیری پاسخ *E. fetida* به افزایش سطوح نمک (کلرید سدیم) می‌باشند. نئوهاسر (18) گزارش داد زمانی‌که غلظت کلرید پتاسیم (KCl)، استات پتاسیم (CH_3COOK) و فسفات سدیم (Na_3PO_4) در محلول خاک بیش از 10 ppm باشد، همه کرم‌های خاکی (*Eudrilus eugenia*) از بین می‌روند. فیشر و مولنار (12) دریافتند که مرگ و میر به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر غلظت 100 میلی‌مول نمک کلرید سدیم در سوبسترای پیت و کود آلی قرار می‌گیرد و تولید پیله‌ها کاملاً متوقف می‌شود در حالی‌که رشد به طور معنی‌دار تحت تأثیر غلظت‌های 60 میلی‌مول و کمتر قرار گرفته است. به نظر می‌رسد که اثر شوری بر رشد و جمعیت کرم‌های خاکی به سایر عوامل از جمله رفتار یا زیستگاه اکولوژیکی کرم (آندوژئیک، اپی‌ژئیک، آنسیک)، گونه کرم، شرایط محیطی خاک (وضعیت مواد آلی، بافت)، و نوع و غلظت نمک بستگی دارد. بوچ (5) کرم‌ها را بر اساس ویژگی‌های بوم شناسی به گروه‌های اپی‌ژئیک (Epigeic)، آنسیک (Anecic) و آندوژئیک (Endogeic) تقسیم کرد. اپی‌ژئیک‌ها بر تجزیه و خردکردن بقایای گیاهی تأثیر می‌گذارند و گیاه‌خوار هستند. آنها به طور کلی در ساختار خاک تأثیری ندارند، زیرا قادر به حفر خاک نیستند. آنسیک‌ها از بقایای گیاهی مخلوط با سطح بالایی خاک تغذیه می‌کنند و گیاه خوار- خاک خوار هستند. معمولاً در کانال‌های دائمی که تا عمق خاک می‌تواند گسترش یابد زندگی می‌کنند. هم‌چنین آنها بسته به تراکم خاک قادر به تولید لایه-های سطحی خاک می‌باشند. کرم‌های آندوژئیک جزء خاک‌خوارها هستند و در داخل خاک در عمق 15-10 سانتی‌متری سطحی زندگی می‌کنند و تغذیه‌شان از منابع آلی خاک است. با این حال، اثر شوری خاک بر جمعیت و فعالیت کرم‌های خاکی، به‌ویژه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، هنوز مورد مطالعه دقیق قرار نگرفته است. سؤالاتی که پیرامون اثر شوری بر کرم‌های خاکی مطرح می‌شود این است که شوری چه تأثیری بر جمعیت و شاخص‌های رشد کرم خاکی دارد؟ آیا اضافه کردن بقایای گیاهی به خاک و بهبود وضعیت ماده‌آلی سبب تعدیل اثر شوری بر کرم‌های خاکی می‌گردد؟ آیا کیفیت بقایای گیاهی بر این برهمکنش مؤثر است؟ هدف از اجرای این پژوهش بررسی شاخص‌های رشد کرم خاکی *Lumbricus terrestris* L. در یک خاک شور شده با کلرید سدیم با بافت رسی سیلتی و اهمیت مواد اصلاحی آلی در تعدیل اثر شوری بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق اثرات متقابل شوری خاک و کودهای آلی (بقایای یونجه و ذرت و کود گاوی) بر رشد و فعالیت کرم خاکی آنسیک (*Lumbricus terrestris* L.) در شرایط یکنواخت و کنترل شده‌ی گلخانه‌ای (دانشگاه شهرکرد) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلدان 12 کیلوئی (در مجموع 48 واحد آزمایشی) انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از:

1- شوری ناشی از کلرید سدیم در 3 سطح شامل: 2، 4 و 8 دسی زیمنس بر متر به ترتیب معادل22، 47 و 97 میلی‌مول کلرید سدیم به همراه خاک شاهد (بدون افزودن کلرید سدیم) به عنوان فاکتور اول با آبیاری گلدان‌ها با آب شور.

2- نوع ماده آلی با نسبت‌های C/N متفاوت شامل الف) خاک فاقد ماده‌آلی به عنوان شاهد با C/N=12، ب) خاک تیمار شده با کودگاوی با C/N=23، ج) خاک تیمار شده با بقایای یونجه با C/N=11 و د) خاک تیمار شده با بقایای ذرت با C/N=16 به عنوان فاکتور دوم. پارامترهائی که در این مطالعه اندازه‌گیری شدند، شامل اندازه (متوسط طول) کرم، تعداد کرم، وزن خشک و تر کرم، تعداد پیله‌های تولید شده به ازای هر کرم بودند. کرم‌خاکی به روش دستی در یک باغ گردو در شهرستان سپیدان استان فارس (عرض جغرافیای $52^{\circ}0/2^{/}\ 52/3^{//}$ درجه شرقی و طول جغرافیایی $30^{\circ}\ 12^{/}\ 33/4^{//}$ درجه شمالی در ارتفاع 1944 متر از سطح) جمع‌آوری شد. کرم‌های

www.SID.ir

Archive of SID

خاکی از عمق 30-50 سانتی‌متری سطح خاک جمع‌آوری و سپس تکثیر شدند. قبل از تکثیر کرم‌های خاکی، تعدادی کرم جهت شناسایی جنس و گونه جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال یافت. به طور تصادفی تعداد 20 عدد کرم خاکی بالغ از بین آنها انتخاب و در محلول الکل تثبیت شدند. سپس با استفاده از بانیوکولار، ویژگی‌های مورفولوژیک مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع با استفاده از کلیدهای شناسایی مشخص شد که کرم‌های خاکی به خانواده *Lumbricidae*، جنس *Lumbricus* و گونه *Terrestris* تعلق دارند (9). برای تکثیر کرم‌ها از جعبه‌های چوبی پوشیده شده با گونی کنفی استفاده شد. مقداری کود حیوانی (کودگاوی آفتاب خورده الک شده)، خاک برگ، خاک و چند عدد کرم خاکی به جعبه‌ها اضافه گردید و برای مرطوب نگه داشتن بستر کرم‌ها مقداری آب اضافه شد. در پایان جعبه‌های پرورش در محیط تاریک و دمای معمولی قرار داده شدند و هر دو روز یکبار بسترهای پرورش با آب معمولی مرطوب گردیدند. طی چند هفته (معمولاً 6 تا 9 هفته) کرم‌ها تکثیر یافتند. برای بستر پرورش کرم‌های خاکی، از گلدان‌های پلاستیکی 12 کیلوئی با قطر دهانه 20 سانتی‌متر و ارتفاع 30 سانتی‌متر استفاده شد. در ته گلدان-ها چندین سوراخ جهت زهکشی و تبادل هوا ایجاد گردید و به منظور جلوگیری از خروج خاک و کرم‌ها، توری‌های نازک (3 لایه‌ای) برای مسدود کردن کف گلدان‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

در این آزمایش از یک خاک زراعی با بافت رسی سیلتی از عمق 30-0 سانتی‌متر استفاده شد. نمونه خاک ابتدا از الک 4 میلی‌متر عبور داده شد تا اندازه ذرات خاکدانه‌ها کوچکتر از 4 میلی‌متر باشد. برخی خصوصیات خاک مورد آزمایش مانند قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC) بوسیله هدایت سنج الکتریکی و pH در خمیر اشباع به وسیله pH متر، میزان کربن‌آلی (روش واکی _ بلاک) و نیتروژن کل (روش کجلدال)، بافت خاک (روش هیدرومتری)، کربنات کلسیم معادل خاک (روش تیتراسیون) بر اساس روش‌های ارائه شده توسط (1) و رطوبت ظرفیت مزرعه به روش صفحه فشاری (3) اندازه‌گیری شد (جدول 1). سپس حدود 10 کیلوگرم خاک توزین شد و برای تیمارهای حاوی مواد اصلاحی‌آلی 50 گرم (1/5 کیلو در متر مربع خاک یا 15 تن در هکتار) بقایای خشک یونجه، بقایای خشک ذرت و کود حیوانی (کود گاوی) اضافه و بطور کامل با خاک مخلوط گردید و سپس به درون گلدان‌ها ریخته و مقداری آب برای تنظیم رطوبت خاک در 80-70 درصد ظرفیت مزرعه به تمام بسترهای پرورش اضافه و سپس 30 عدد کرم خاکی بالغ به تمام گلدان‌ها اضافه شد. برای هر سطح شوری یک گلدان اضافه قرار داده شد تا شوری در 3 سطح مورد نظر پایش (مانیتورینگ) گردد.

کلیه‌ی کرم‌های خاکی مورد آزمایش در بشقاب‌های پلاستیکی و بر روی کاغذصافی مرطوب به حالت نیمه شناور (Half-immersed) برای مدت 24 ساعت قرارداده شدند تا محتویات داخل سیستم گوارشی (gut) آنها به‌طور کامل تخلیه گشت (Gut voidance) (8). پس از آن تعدادی کرم خاکی به عنوان نمونه انتخاب شد و وزن تر و وزن خشک کرم‌ها با خشک کردن در آون و سپس توزین کردن، تعیین گردید. سپس کرم‌ها به بسترهای پرورش که از قبل آماده شده بودند، اضافه و برای جلوگیری از خروج کرم‌ها و کاهش تبخیر آب، سطح گلدان‌ها با تور پارچه‌ای پوشانده شدند. پس از قرار گرفتن کرم‌های خاکی در گلدان‌ها، خاک‌ها به مدت چهار هفته فقط با آب مقطر آبیاری شدند تا کرم‌ها به محل پرورش سازگاری یابند و در آغاز هفته پنجم آبیاری با آب شور در 3 سطح شوری مورد نظر (2،4 و 8) انجام شد. در پایان آزمایش، شاخص‌های رشد کرم خاکی مانند تعداد کرم‌های خاکی، وزن تر کرم‌ها، وزن خشک کرم‌ها، طول کرم‌ها (ابتدا در الکل تثبیت شدند و با خط کش اندازه‌گیری انجام شد) و تعداد پیله‌ها به روش الک‌کردن مرطوب (21) اندازه گیری شدند.

جدول1- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد آزمایش

ویژگی	واحد	مقدار
شن	درصد	12
سیلت	درصد	45
رس	درصد	43
بافت	-	رسی سیلتی
کربنات کلسیم معادل	میلی گرم بر گرم	270
pH	-	7/6
قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع	دسی‌زیمنس بر متر	0/49
کربن آلی	میلی‌گرم بر گرم	8/5
نیتروژن کل	میلی‌گرم بر گرم	0/7
نسبت C/N	-	12
رطوبت ظرفیت مزرعه (F.C)	درصد	23

جدول2- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی موادآلی مورد آزمایش

مواد اصلاحی‌آلی	کربن‌آلی (میلی‌گرم بر گرم)	نیتروژن‌کل (میلی‌گرم بر گرم)	نسبت C/N	EC (دسی‌زیمنس بر متر)
کود گاوی	348	15	23	0/58
بقایای ذرت	382	24	16	0/25
بقایای یونجه	365	32	11	0/32

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس (ANOVA) و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SigmaState 3.5 به منظور بررسی تغییرات ایجاد شده توسط فاکتورها بر پارامترهای اندازه‌گیری شده، صورت گرفت. برای استفاده از روش تجزیه واریانس، داده‌های اصلی و باقی مانده (Residuals) آنها به منظور رعایت پیش فرض‌های اساسی اصول تفکیک واریانس فاکتورها، نرمال بودن و همگنی واریانس تیمارها در سطح احتمال $P \leq 0/05$ نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. میانگین تیمارها از طریق آزمون Fisher's Protected LSD در سطح احتمال 5 درصد مقایسه شدند. مقادیر انحراف معیار هر تیمار محاسبه و در جدول‌ها در داخل پرانتز در کنار میانگین‌ها گزارش شدند.

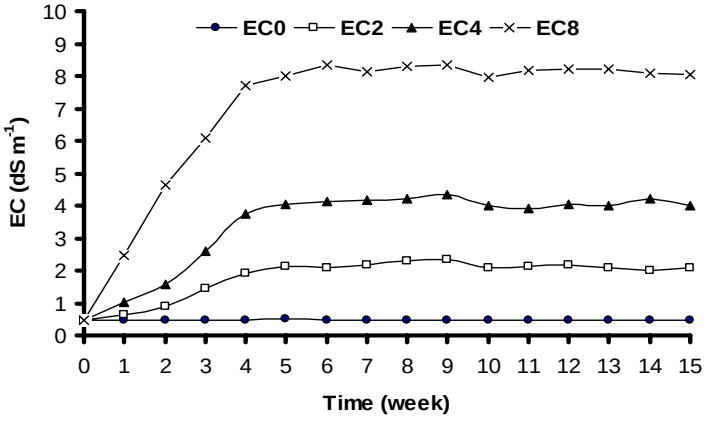
نتایج و بحث

تغییرات EC، pH و SAR خاک در پایان آزمایش

در مدت زمان آزمایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک (EC)تقریباً ثابت بود (شکل 1). هم‌چنین، pH خاک اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای شوری نشان نداد (جدول3). افزایش SAR در پایان آزمایش در بالاترین سطح شوری (8 دسی زیمنس بر متر) کمتر از13 بود. بنابراین سدیمی شدن خاک بر اثر مصرف نمک کلرید سدیم قابل چشم‌پوشی است. از این‌رو، سدیمی شدن خاک بر رشد کرم‌خاکی و فعالیت ریزجانداران خاک عامل تأثیر گذار و محدود کننده نبوده و هر گونه تغییر در جمعیت و فعالیت کرم‌خاکی، و فعالیت ریزجانداران ناشی از افزایش غلظت کلرید سدیم می‌باشد.

اثر شوری و مواد اصلاحی آلی و اثرات متقابل آنها بر شاخص‌های رشد کرم خاکی

نتایج تجزیه واریانس (جدول 4) نشان می‌دهد که اثر شوری و مواد اصلاحی آلی و نیز اثر متقابل آنها بر شاخص‌های رشد کرم‌خاکی معنی‌دار ($P \leq 0/001$) است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که افزایش شوری خاک اثر معنی‌دار ($P \leq 0/001$) بر کلیه‌ی شاخص‌های رشد کرم خاکی داشته است (جدول 5).



شکل1- تغییرات EC خاک در طول آبیاری گلدان‌ها با آب‌های شورشده با کلرید سدیم پس از اعمال شوری

جدول3- EC اولیه (EC_i)، EC نهایی (EC_f)، pH و SAR خاک در پایان دوره‌ی آزمایش پس از اعمال سطوح مختلف شوری (n=12)

EC_i (dS m^{-1})	EC_f (dS m^{-1})	pH	SAR (meq.L^{-1})
0/5	0/54D	7/80A	0/06C
2/0	2/49C	7/75A	0/90D
4/0	4/58B	7/75A	1/51B
8/0	8/51A	7/72A	7/48A
F	2276***	1/12Ns	2301***
$LSD_{0.05}$	0/09	0/092	0/20

در هر ستون حروف مختلف نشان دهندهٔ تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بین سطوح مختلف شوری بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

***:$P \leq 0/001$; Ns: غیر معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

به طوری‌که افزایش شوری از 0/49 دسی زیمنس بر متر (شاهد) به 8 دسی زیمنس بر متر موجب کاهش تعداد کرم‌های خاکی (32 درصد)، وزن تر کرم‌ها (54 درصد)، وزن خشک کرم‌ها (54 درصد)، طول کرم‌ها (25 درصد) و تعداد پیله‌ها (35 درصد) شد. افزایش شوری از شاهد به 2 دسی زیمنس بر متر اثر معنی‌دار بر تعداد کرم‌های بالغ و کل، طول و پیله‌های کرم‌ها نداشت ($P>0/05$)، ولی کاهش معنی‌دار ($P\leq0/001$) در تعداد کرم‌های نابالغ، وزن خشک و تر کرم‌ها مشاهده شد. در سطح 4 دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار ($P\leq0/001$) در تمام شاخص‌ها نسبت به شاهد مشاهده‌گردید.

با افزایش شوری تعداد کرم‌های بالغ در سطح 4 و 8 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب 18 و 28 درصد کاهش نشان داد (جدول 5). مقایسه میانگین تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی با تیمار بدون ماده اصلاحی افزایش معنی‌دار ($P\leq0/001$) به ترتیب معادل 18 درصد، 38 درصد و 18 درصد در تعداد کرم‌ها نشان داد (جدول 6). تعداد کرم‌ها در سطح 2 دسی زیمنس بر متر در تیمارهای ذرت و کود گاوی به ترتیب 30 و5 درصد بیشتر از تیمار بدون ماده اصلاحی بود. در سطح شوری 4 دسی زیمنس بر متر، کود گاوی، بقایای یونجه و ذرت، باعث کاهش اثر شوری با افزایش تعداد کرم‌ها در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی به ترتیب 18 درصد، 25 درصد و 34 درصد گردیدند (جدول 6). تعداد کرم‌ها در سطح 8 دسی زیمنس بر متر در تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی افزایش معنی‌دار ($P\leq0/001$) به ترتیب 57، 60 و 36 درصد در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی نشان داد (جدول 6). نتایج جدول 6 نشان می‌دهد در خاک شور بیشترین تأثیر کود گاوی، بقایای یونجه و ذرت در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر مشاهده شد. این نتایج بیانگر تأثیر مثبت مواد آلی بر افزایش تعداد کرم‌های خاکی در خاک‌های شور و غیرشور می‌باشد.

جدول4- نتایج تجزیه واریانس (آماره F) اثر شوری (df=3) و مواد اصلاحی‌آلی (df=3) و اثرات متقابل آنها (df=9) بر جمعیت، وزن، طول و تعداد پیله‌های کرم خاکی

منبع تغییرات	تعداد کرم‌های بالغ	تعداد کرم‌های نابالغ	تعداد کل کرم‌ها	وزن تر کرم‌ها	وزن خشک کرم‌ها	طول کرم‌ها (سانتی متر)	تعداد پیله‌ها (به ازاء هر کرم)
شوری	176***	51***	144***	258***	193***	219***	21***
ماده اصلاحی	69***	57***	133***	182***	188***	61***	213***
شوری×ماده‌اصلاحی	6/3***	1/3Ns	7/7***	23/8***	7/9***	14/0***	17/0***

*** : $P\leq 0/001$; Ns: اختلاف معنی دار نیست

جدول5- اثر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های رشد کرم‌خاکی. اعداد میانگین (n=12) هستند

سطح‌شوری (دسی زیمنس بر متر)	تعداد کرم‌های بالغ	تعداد کرم‌های نابالغ	تعداد کل کرم‌ها	وزن ترکرم‌ها (گرم گلدان)	وزن خشک کرم‌ها (گرم گلدان)	طول کرم‌ها (سانتی‌متر)	تعداد پیله‌ها (به ازاء هر کرم)
شاهد	23/2A	11/2A	34/8A	93/9A	26/7A	13/5A	0/68A
2	23/2A	10/3B	33/5A	79/6B	21/1B	13/7A	0/67A
4	17/5B	8/3C	25/8B	62/3C	14/3C	11/3B	0/53B
8	15/2C	6/7D	21/9C	42/8D	12/3D	10/2C	0/44C
F	176/0***	51/3***	193***	257/9***	192/8***	219/4***	21/0***
$LSD_{0.05}$	0/87	0/81	1/25	4/0	1/36	0/34	0/07

تعداد اولیه کرم‌ها در هر گلدان	30
متوسط وزن تر اولیه هر کرم بالغ بدون محتویات روده (گرم)	2/8
متوسط وزن خشک اولیه هر کرم بالغ بدون محتویات روده (گرم)	0/75
متوسط طول اولیه هر کرم بالغ (سانتی‌متر)	14/63

در هر ستون حروف مختلف نشان دهندهٔ تفاوت معنی‌دار ($P\leq0/05$) بین سطوح شوری مختلف بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

*** : $P\leq0/001$

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در خاک شور و غیر شور اثر ذرت برجسته‌تر از سایر مواد آلی (یونجه و کود گاوی) می‌باشد. از آن‌جا که نسبت C/N مطلوب برای کرم‌های خاکی 16-18 می‌باشد (27) و C/N ذرت معادل 16 است (جدول 2)، یکی از دلایل احتمالی افزایش جمعیت کرم‌های بالغ در حضور بقایای ذرت می‌تواند مطلوب به ذائقه بودن آن برای کرم خاکی باشد. تعداد کرم‌های بالغ در تیمارهای فاقد ماده اصلاحی، یونجه، ذرت و کود گاوی در سطح 8 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب 46 درصد ، 16 درصد ، 35 درصد و 39 درصد کاهش یافته است. نتایج نشان می‌دهد در تیمار یونجه کمترین کاهش در تعداد کرم‌ها با افزایش شوری وجود دارد.

نتایج تحقیقات محققان متعدد نشان می‌دهد که مرگ و میر کرم خاکی اغلب در شوری با EC متفاوت اتفاق می‌افتد. البته سطح شوری که در آن مرگ و میر کرم‌ها شروع می‌شود به نوع و گونه کرم خاکی، مقدار موادآلی خاک، ویژگی‌های خاک و نیز نوع نمک بستگی دارد (12). برای نمونه، اوجوری و همکاران (19) در تحقیق خود مشاهده کردند در غلظت بالاتر از 4000 میلی‌گرم بر کیلوگرم (EC مساوی 8 دسی زیمنس بر متر) کلرید سدیم جمعیت کرم‌خاکی *(E. fetida)* کاهش می‌یابد. افزایش جمعیت کرم خاکی در تیمارهای کود گاوی، بقایای یونجه و ذرت در خاک‌های شور و غیر شور مشاهده شد که به دلیل تأثیر مثبت مواد آلی خاک بر فراوانی کرم‌های خاکی می‌باشد. جمعیت بالای کرم‌های خاکی در خاک‌های علف‌زار دارای موادآلی بین 5 تا 10/2 درصد گزارش شده است. در این دامنه با افزایش درصد مواد آلی، فراوانی نیز افزایش یافته است (31).

با افزایش شوری تعداد کل کرم‌ها کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول5). تعداد کل کرم‌ها در سطوح 4 و 8 دسی زیمنس بر متر به ترتیب 20 و 32 درصد کمتر از خاک شاهد بود (جدول 5). مقایسه میانگین (جدول 6) تعداد کرم‌ها بین تیمارهای یونجه، ذرت و کود-گاوی با تیمار بدون ماده اصلاحی به ترتیب 36 درصد، 58 درصد و 32 درصد افزایش معنی‌دار ($P\leq0/001$) نشان داد. در خاک غیرشور تعداد کرم‌ها در تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی به ترتیب 45 درصد، 85 درصد و 66 درصد بیشتر از تیمار بدون ماده اصلاحی بود. در سطح شوری 2 دسی زیمنس بر متر، در تیمارهای کود گاوی، بقایای یونجه و ذرت در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی به ترتیب20 درصد، 40 درصد و 13 درصد افزایش معنی‌دار ($P\leq0/001$) مشاهده شد (جدول 6). در سطح 4 دسی زیمنس بر متر، کود گاوی، بقایای یونجه و ذرت باعث کاهش اثر شوری با افزایش تعداد کرم‌ها به ترتیب 19 درصد، 31 درصد و 48 درصد شدند و مشابه همین روند (به ترتیب 60 درصد، 69 درصد و 38 درصد) در شوری 8 دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول 6). در خاک‌های شور بیشترین تأثیر کود گاوی، بقایای یونجه و ذرت در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول 6). در این تحقیق جمعیت کل کرم خاکی *L. terrestris* در شوری 8 دسی زیمنس بر متر در خاک بدون ماده اصلاحی 29 درصد و در خاک تیمار شده با ماده اصلاحی بین 22 درصد تا 41 درصد (به‌طور متوسط 32 درصد) کاهش نشان داد (جدول 6). نتایج نشان دهنده کمترین کاهش تعداد کرم‌ها در تیمار یونجه می‌باشد بدین معنی که یونجه بیشترین تأثیر مثبت در تعدیل اثر شوری بر جمعیت این کرم خاکی داشته است.

در بررسی اثرات شوری بر کرم‌های خاکی زمان نیز اهمیت دارد. به طوری‌که در یک دوره آزمایشی 28 روزه توسط اوجوری و همکاران (19) نتایج نشان داده است که مرگ و میر کرم خاکی *E. fetida* در آزمایشگاه در روزهای 7 و 14 مشاهده شده است. نتایج آزمایش اوجوری و همکاران (21) نشان داد که درصد بقاء (زنده ماندن) کرم‌های خاکی *E. fetida* و *A. caliginosa* در خاک طبیعی شور به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر EC بالاتر از به ترتیب 0/92 و 1/31دسی زیمنس بر متر قرار گرفت. هلینگ و همکاران (13) دریافتند که کرم‌های جوان به سمیت حساس‌تر هستند بنابراین بعضی تفاوت‌های گزارش شده در مطالعات مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت سنی کرم‌ها و یا شرایط آزمایش باشد. نتایج تحقیقات فیشر و مولنار (12) نشان داد که در غلظت 100 و 120 میلی مول نمک کلرید سدیم به ترتیب 15 و 70 درصد مرگ و میر در جمعیت کرم خاکی *E. fetida* اتفاق افتاد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که اثرشوری و مواد اصلاحی آلی و نیز اثرات متقابل آنها بر وزن تر کرم‌ها معنی‌دار ($P\leq0/001$) است (جدول 4). به‌طور کلی افزایش سطوح شوری به 2، 4 و 8 دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد، موجب کاهش وزن تر کرم‌ها به ترتیب به میزان 15 درصد، 34 درصد و 54 درصد شد (جدول 5). مواد اصلاحی تأثیر مثبت معنی‌دار ($P\leq0/001$) بر وزن تر کرم‌ها در خاک‌های شور و غیرشور داشتند. در خاک غیرشور تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی به ترتیب سبب افزایش 74، 160 و 89 درصدی وزن تر کرم‌ها شدند. در سطح 2 دسی زیمنس بر متر، وزن تر کرم‌ها در تیمارهای یونجه 69 درصد، ذرت 82 درصد و کودگاوی 71 درصد بیشتر از تیمار بدون ماده اصلاحی بود (جدول 6). در 4 دسی زیمنس بر متر، تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی باعث کاهش اثر شوری با افزایش وزن تر کرم‌ها به میزان 47 درصد، 98 درصد و 37 درصد شدند (جدول 6). در سطح 8 دسی زیمنس بر متر، در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی افزایش وزن تر کرم‌ها در تیمار های یونجه، ذرت و کود-

www.SID.ir

Archive of SID

گاوی (به ترتیب 73 درصد، 36 درصد و 35 درصد) مشاهده شد (جدول6). بنابراین، در خاک‌های شور بیشترین تأثیر مثبت بقایای یونجه در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر، بقایای ذرت در 4 دسی زیمنس بر متر و کود گاوی در 2 دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار بدون ماده اصلاحی مشاهده شد. در این تحقیق وزن تر کرم خاکی *L. terrestris* در شوری 8 دسی زیمنس بر متر در خاک بدون ماده اصلاحی 40 درصد و در خاک تیمار شده با ماده اصلاحی (یونجه، ذرت و کود گاوی) به ترتیب 40 درصد، 68 درصد و 57 درصد (به‌طور متوسط 55 درصد) کاهش نشان داد (جدول6). در مقایسه بین مواد اصلاحی اضافه شده یونجه کمترین کاهش در وزن تر مشاهده می شود.

کارلی و همکاران (7) ضمن بررسی و مرور منابع مختلف اظهار نمودند که کرم‌های خاکی زمانی‌که در معرض نمک کلرید سدیم قرار می‌گیرند، وزن بدنشان کاهش می‌یابد. نتایج آزمایشات اوجوری و همکاران (21) نشان داد میانگین وزن *E. fetida* در EC مساوی 0/52 دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌دار با شاهد نداشت، اما درسطح شوری با EC مساوی 1/03 دسی زیمنس بر متر و بالاتر در روزهای 7 و 28 کاهش معنی‌دار در میانگین وزن کرم‌ها با شاهد مشاهده شدند. در حالی‌که مرگ و میر به ترتیب در سطوح شوری 1/31 و 1/62 دسی زیمنس بر متر اتفاق افتاد. هم‌چنین اوجوری و رینک (23) کاهش معنی‌دار در وزن کرم خاکی *A caliginosa* در سطح شوری 1/05 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد در روز 14 بعد از اعمال شوری گزارش دادند. همان‌طور که قبلاً اشاره شد یکی از منابع تغذیه کرم‌های خاکی ریزجانداران می‌باشد (15). در خاک‌های شور علاوه بر کمبود نیتروژن و کربن آلی، ترکیبات آلی موجود در خاک به شکل غیر قابل دسترس موجودات (از جمله میکروفلور) در می‌آیند (17). از طرف دیگر، شوری یکی از تنش-زاترین شرایط محیطی برای ریزجانداران خاک محسوب می‌شود (26) و در نتیجه تعداد و فعالیت آنها کاهش می‌یابد. با کاهش بیوماس میکروبی و (و البته گیاهی) که هر دو از منابع تغذیه‌ای کرم‌ها می-باشند انتظار می‌رود وزن کرم خاکی در سطوح مختلف شوری به دلیل بروز کمبود مواد غذایی قابل دسترس (موادآلی و میکروفلور) کاهش یابد.

جدول تجزیه واریانس4 نشان می‌دهد که اثر متقابل شوری و مواد اصلاحی و اثر مواد اصلاحی آلی و شوری بر وزن خشک کرم‌ها معنی‌دار ($P\leq0/001$) می‌باشد. افزایش شوری موجب کاهش وزن خشک کرم‌ها شد. به‌طوری‌که وزن خشک در سه سطح 2، 4 و 8 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب 21 درصد، 46 درصد و 54 درصد کمتر از شاهد بود (جدول 5). اثر مثبت معنی‌دار ($P\leq0/001$) مواد اصلاحی در خاک‌های شور و غیرشور مشاهده شد. در خاک غیرشور (0/49 دسی زیمنس بر متر) تیمارهای یونجه، ذرت و کودگاوی در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی به ترتیب سبب افزایش 80، 83 و 66 درصدی وزن خشک کرم‌ها شدند (جدول 6). در سطح 2 دسی زیمنس بر متر، وزن خشک کرم‌ها در تیمارهای یونجه 71 درصد، ذرت 106 درصد و کودگاوی 14 درصد بیشتر از تیمار بدون ماده اصلاحی بود (جدول 6). در 4 دسی زیمنس بر متر، تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی باعث کاهش اثر شوری با افزایش وزن خشک کرم‌ها به میزان 102 درصد، 118 درصد و 77 درصد شدند (جدول 6). در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر، کاهش اثر منفی شوری با افزودن کود گاوی، بقایای یونجه وذرت (به ترتیب 34 درصد، 113 درصد و 222 درصد) مشاهده شد (جدول6). بنابراین، در خاک شور بیشترین تأثیر تیمارهای یونجه، ذرت در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر و کود گاوی در 4 دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار بدون ماده اصلاحی بود. وزن خشک کرم در تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب 51 درصد، 30 درصد و 66 درصد کاهش نشان داد (جدول 6). مطابق نتایج کمترین کاهش در وزن خشک کرم‌ها در تیمار یونجه مشاهده می‌شود.

فیشر و مولنار (12) بیان نمودند در غلظت‌های 20، 40 و 60 میلی‌مول نمک کلرید سدیم تنها کاهش وزن کرم *E. fetida* مشاهده شد. همان‌طور که قبلاً ذکر شد تنش شوری در کاهش فعالیت و تعداد ریزجانداران خاک به عنوان منبع تغذیه کرم‌های خاکی می‌تواند بر وزن آنها اثر بگذارد. دراین رابطه رایتز و هاینز (24) با بررسی نتایج تحقیقات گوناگون بیان نمودند در خاک‌هایی با شوری طبیعی اندازه جمعیت میکروبی همبستگی منفی با کل نمک محلول دارد. منبع عمده موادآلی که کرم‌های‌خاکی از آن تغذیه می‌کنند، لاشبرگ حاصل از بخش‌های اندام هوایی گیاه می‌باشد (10) و بسیاری از نتایج تحقیقات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که فعالیت میکروبی در پاسخ به افزایش مادهآلی خاک شدیداً افزایش می‌یابد (30). بنابراین، می‌توان عنوان کرد که شاید افزایش مواد غذایی مورد نیاز کرم‌های خاکی در تیمارهای دارای ماده اصلاحی دلیل افزایش وزن آنها می‌باشد.

اثر شوری و مواد اصلاحی و اثر متقابل آنها بر متوسط طول کرم‌ها معنی‌دار ($P\leq0/001$) می‌باشد (جدول 4). متوسط طول کرم-ها (جدول 5) در سطح 4 دسی زیمنس بر متر، 16 درصد و 8 دسی زیمنس بر متر، 25 درصد کمتر از خاک شاهد بود. مواد اصلاحی باعث تعدیل اثر شوری بر طول کرم‌ها شدند. در خاک غیرشور طول کرم در تیمار ذرت 15 درصد و در کودگاوی 14 درصد بیشتر از خاک تیمار بدون ماده اصلاحی بود (جدول 6). در سطح شوری 2 دسی زیمنس بر متر طول کرم‌ها در تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش معنی‌دار ($P\leq0/001$) به ترتیب6 درصد، 21 درصد و 24 درصد نشان داد. (جدول 6) در سطح شوری 4 دسی زیمنس بر متر، کود گاوی در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی باعث کاهش اثر شوری معادل 25 درصد شد. در سطح 8 دسی زیمنس بر متر، متوسط طول در تیمارهای یونجه، ذرت و کود گاوی به ترتیب 11 درصد، 2 درصد و 11 درصد بیشتر از تیمار بدون ماده اصلاحی بود (جدول 6). در خاک‌های شور بالاترین تأثیر بقایای یونجه در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر، بقایای ذرت در 4 دسی زیمنس بر متر و کود گاوی در 2 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی مشاهده شد. به‌طوری‌که در مجموع مقایسه میانگین تیمارهای ذرت و کود گاوی به ترتیب 16 و 14 درصد سبب افزایش معنی‌دار ($P\leq0/001$) در متوسط طول کرم‌ها شدند (جدول6). در این تحقیق متوسط طول کرم خاکی *L. terrestris* در تیمار بدون ماده اصلاحی، یونجه، ذرت و کود گاوی در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد به ترتیب 25، 13، 33 و 27 درصد کاهش نشان داد (جدول 6). این شاخص (مانند، جمعیت، وزن تر و خشک) در بالاترین سطح شوری در تیمار یونجه کمترین کاهش را نشان داد.

نتایج آزمایشات اوجوری و همکاران (19) نشان می‌دهد که افزایش شوری اثرات مضر بر رشد، مرگ و میر و تولید مثل کرم‌خاکی *E. fetida* دارد. هم‌چنین نتایج مطالعه اوجوری و همکاران (21) نشان داد رشد *A. caliginosa* از سطح شوری 0/52 دسی زیمنس بر متربه بالا و *E. fetida* از سطح شوری1/03 دسی زیمنس بر متربه به بالا کاهش یافت. با کاهش وزن تر و خشک و رشد کرم‌ها می‌توان کاهش طول را نیز انتظار داشت. به‌نظر می‌رسد علت کاهش طول در خاک‌های شور تأخیر در رسیدن به سن بلوغ باشد.

افزایش شوری موجب کاهش تعداد پیله‌های کرم خاکی در دو سطح 4 و 8 دسی یمنس بر متر در مقایسه با شاهد (0/49 دسی زیمنس بر متر) به میزان 24 درصد و 35 درصد شد (جدول5). عموماً در تیمارهای حاوی ماده اصلاحی خاک غیرشور و شور تعداد پیله‌ها افزایش یافت. افزایش تعداد پیله‌ها در تیمارهای بقایای یونجه (0/38)، ذرت (1/05) و کودگاوی (1/11) خاک غیرشور در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی (0/16) مشاهد شد (جدول6) در شوری 2 دسی زیمنس بر متر، میزان تولید پیله در تیمارهای یونجه 33 درصد، ذرت 284 درصد و کودگاوی 84 درصد بیشتر از تیمار بدون ماده اصلاحی بود. در سطح 4 دسی زیمنس بر متر، کودگاوی، بقایای یونجه و ذرت در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی باعث کاهش اثر شوری با افزایش تعداد پیله‌ها به میزان 61 درصد، 5 درصد و 100 درصد شدند (جدول 6). در سطح 8 دسی زیمنس بر متر، در تیمارهای یونجه، ذرت و کودگاوی در مقایسه با تیمار بدون ماده- اصلاحی افزایش 61 درصد، 61 درصد و 55 درصد مشاهده شد. به‌طور کلی تعداد پیله‌ها (میانگین کل) تیمارهای حاوی مواد اصلاحی (یونجه، ذرت و کود گاوی) به ترتیب 300، 716 و 500 درصد بیشتر از تیمار بدون ماده اصلاحی بود(جدول6). در خاک‌های شور بیشترین تأثیر بقایای یونجه در 8 دسی زیمنس بر متر، بقایای ذرت در 2 دسی زیمنس بر متر و کودگاوی در سطح 2 دسی زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار بدون ماده اصلاحی مشاهده شد.

فیشر و مولنار (12) دریافتند در کرم خاکی *E. fetida* مرگ و میر به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر غلظت 100 میلی‌مول کلرید سدیم در سوبسترای پیت و کودآلی قرار می‌گیرد و تولید پیله‌ها کاملاً متوقف می‌شود در حالی‌که غلظت‌های 60 میلی‌مول و کمتر فقط بر رشد تأثیر منفی داشتند. اوجوری و همکاران (19 و 20) گزارش دادند در بررسی اثر غلظت‌های مختلف نمک NaCl بر کرم‌خاکی (*E. fetida*) از غلظت 4000 میلی‌گرم بر کیلوگرم و به بالا هیچ پیله‌ای مشاهده نشد. هم‌چنین اوجوری و همکاران (21) گزارش دادند از EC مساوی 0/52 دسی زیمنس بر متر توقف کامل تولید مثل در دو گونه کرم *A caliginosa* و *E. fetida* اتفاق افتاد.

هم‌چنین جدول 7 نشان می‌دهد که همبستگی منفی معنی‌دار ($P\leq0/05$) بین شوری خاک و وزن تر کرم‌ها (r= -0/69***)، وزن خشک کرم‌ها (r= -/63***)، طول کرم‌ها (r= -/76***) و جمعیت کرم‌ها (r= -/73***) وجود دارد.

کرم‌های خاکی حاصلخیزی خاک را به‌واسطه تسهیل تجزیه لاشبرگ‌های گیاهی و مواد آلی خاک و در نتیجه آزادسازی عناصرغذایی به شکل قابل جذب گیاهان افزایش می‌دهند (9). ادواردس و بوهلن (9) با بررسی نتایج تحقیقات متعدد علمی اظهار کردند که کرم‌های خاکی به ویژه *L. terrestris* بقایای گیاهی را انتخاب می‌کنند که حاوی نیتروژن بالاتری هستند. ادواردس (10) ضمن تجزیه و تحلیل نتایج منابع علمی مختلف بیان نمود سرعت رشد کرم خاکی بالغ و نیز سرعت تولید پیله‌ها در تیمار کاه و کلش جو (0/35 درصد نیتروژن) کمتر از تیمار بقایای مرغزار (2/57 درصد نیتروژن) و بقایای یونجه (2/3 درصد نیتروژن) می‌باشد. بقایای گیاهی مختلف اثرات متفاوت بر کرم خاکی و فعالیت و بیوماس میکروبی و نیز فعالیت آنزیمی در خاک دارند (11). همان طور که نتایج نشان می‌دهد کمترین درصد کاهش شاخص‌های رشد کرم خاکی در سطح شوری 8 دسی زیمنس بر متر در تیمار بقایای یونجه مشاهده می‌شود. با توجه به این‌که کرم‌های خاکی اغلب مواد آلی با نیتروژن بالا را ترجیح می‌دهند شاید بتوان گفت یکی از دلایل احتمالی این اثر در یونجه بالاتر بودن درصد نیتروژن آن نسبت به بقایای ذرت و کود گاوی باشد.

در تحقیق انجام شده توسط ارنست و همکاران (11) وزن اغلب

www.SID.ir

Archive of SID

کرم‌ها از جمله *L. terrestris* در طول 6 هفته آزمایش کاهش یافت. نتایج آزمایش کلاک (14) در بررسی اثرات تراکم کرم خاکی بر رشد، توسعه و تولیدمثل *L. rubellus* در یک دوره 6 ماه با مقدار اولیه 5/7 درصدی ماده آلی خاک، مرگ و میر در ماه اول و آخر در تمام تیمارها با تراکم متفاوت (2 تا 8 عدد کرم خاکی در هر گلدان) اتفاق افتاد که دلیل آن را باروری پایین اندازه‌گیری شده در پایان آزمایش که باعث نوسان در رسیدن به سن بلوغ و مرگ ومیر شده است، می‌داند.

جدول6- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (n=3)"تعداد کرم‌های بالغ، تعداد کل کرم‌ها، وزن تر کرم‌ها در هر گلدان (گرم)، وزن خشک کرم‌ها در هر گلدان (گرم)، متوسط طول کرم (سانتی‌متر) و تعداد پیله ها (به ازاء هر کرم)" بین مواداصلاحی‌آلی مختلف در هر سطح شوری. اعداد داخل پرانتز مقادیر انحراف معیار را نشان می‌دهند

ماده اصلاحی	EC (dS m^{-1}) شاهد2	4	8	میانگین
		تعداد کرم‌های بالغ		
فاقد ماده اصلاحی	20/3(1/53)B	21/0(2/00)B	14/6(0/58)C	11/0(1/00)C	16/7C
یونجه	20/6(1/53)B	22/3(0/58)B	18/3(0/58)B	17/3(1/15)A	19/7B
ذرت	27/0(1/00)A	27/3(0/58)A	19/6(0/58)A	17/6(0/58)A	22/9A
کود گاوی	24/6(1/53)A	22/0(1/00)B	17/3(0/58)B	15/0(1/00)B	19/7B
$LSD_{0.05}$	1/75				0/87
		تعداد کل کرم‌ها		
فاقد ماده اصلاحی	28/0 (2/0)D	28/3(3/1)C	20/0(0/0)D	15/60(1/2)C	23/0C
یونجه	32/0(1/2)C	34/0(1/0)B	27/7(1/2)B	24/7(1/5)A	29/6B
ذرت	40/6(0/6)A	39/7(1/5)A	30/7(1/2)A	26/0(1/7)A	34/3A
کود گاوی	36/6(2/1)B	32/ (1/7)BC	25/0(1/0)C	21/3(0/6)B	28/7B
$LSD_{0.05}$	2/50				1/25
		وزن تر کرم‌ها		
فاقد ماده اصلاحی	52/0(3/54)C	51/3(5/70)B	42/8(2/20)C	31/5(1/91)C	44/4C
یونجه	90/6(6/67)B	86/7(9/23)A	62/9(3/86)B	54/5(1/05)A	73/7B
ذرت	135/2(2/46)A	93/4(3/44)A	84/7(3/05)A	42/8(6/36)B	89/0A
کود گاوی	98/1(1/26)B	87/0(8/11)A	58/7(5/11)B	42/5(2/82)B	71/6B
$LSD_{0.05}$	7/93				4/00
		وزن خشک کرم‌ها		
فاقد ماده اصلاحی	15/4(1/27)C	14/0(2/52)D	8/2(0/20)C	6/4(0/34)C	11/0D
یونجه	27/7(2/59)B	24/0(2/27)B	16/6(1/76)A	13/6(1/31)B	20/5B
ذرت	38/2(1/71)A	28/8(1/19)A	17/9(0/35)A	20/6(3/19)A	26/4A
کود گاوی	25/5(1/10)B	17/6(0/52)C	14/5(1/23)B	8/6(0/75)C	16/5C
$LSD_{0.05}$	1/36				1/36
		متوسط طول کرم		
فاقد ماده اصلاحی	12/71(0/69)B	12/17(0/08)C	10/63(0/31)C	9/60(0/38)B	11/28B
یونجه	12/27(0/49)B	12/92(0/27)B	10/12(0/20)D	10/67(0/43)A	11/49B
ذرت	14/56(0/62)A	14/75(0/25)A	13/32(0/35)A	9/75(0/49)B	13/09A
کود گاوی	14/47(0/58)A	15/07(0/23)A	11/15(0/17)B	10/61(0/38)A	12/82A
$LSD_{0.05}$	0/67				0/34
		تعداد پیله ها (به ازاء هر کرم)		
فاقد ماده اصلاحی	0/17(0/00)C	0/33(0/00)C	0/00(0/00)D	0/00(0/00)B	0/12B
یونجه	0/39(0/09)B	0/44(0/09)C	0/50(0/00)C	0/61(0/09)A	0/48A
ذرت	1/06(0/09)A	1/28(0/09) A	1/00(0/00)A	0/61(0/09)A	0/98A

www.SID.ir

Archive of SID

کود گاوی	1/11(0/19)A	0/61(0/09)B	0/61(0/09)B	0/56(0/09)A	0/72A
$LSD_{0.05}$	0/14				0/07

در هر ستون حروف مختلف نشان دهندهٔ تفاوت معنی‌دار ($P\leq0/05$) بین مواداصلاحی مختلف بر اساس آزمون LSD می باشد. *** : $P\leq0/001$; ** : $P\leq0/01$; * : $P\leq0/05$

جدول7- ضرایب همبستگی (r) بین شوری و وزن تر، وزن خشک، طول و جمعیت کرم‌های خاکی

شوری	وزن تر کرم	وزن خشک کرم	طول کرم	جمعیت کرم
EC	-0/69***	-0/63***	-0/76***	-0/73***

*** : $P\leq0/001$

کلاک (14) تراکم مناسب کرم خاکی را 300-700 عدد در هر مترمربع ذکر می‌کند. ادواردس (10) میزان لاشبرگ مورد نیاز برای رشد مطلوب کرم خاکی را 484 گرم وزن خشک به ازاء هر مترمربع خاک بیان می‌کند. تفاوت اصلی بین آزمایش در مقیاس کوچک و جهان واقعی این است که کرم‌های خاکی مجال محدودی برای انتخاب غذا و حرکت دارند. حجم کوچک خاکی که در آزمایش‌های گلخانه‌ای استفاده می‌شود ممکن است برای حفظ جمعیت کرم خاکی تلقیح شده در مقادیر بالای ظرفیت برد (carrying capacity) خاک کافی نباشد. به همین دلیل اغلب در آزمایش‌های گلخانه‌ای وزن آنها کاهش می‌یابد و یا با مرگ روبرو می‌شوند (10).

نتیجه گیری نهایی

به‌طورکلی در خاک‌های شور جمعیت کرم‌های خاکی کاهش می‌یابد که احتمالاً به دلیل کاهش آب قابل دسترس کرم‌ها، اثرات یون ویژه (کلر، سدیم) و عدم تعادل تغذیه‌ای (در ساختار اسید آمینه‌ها) می‌باشد. در این تحقیق علت اصلی انتخاب نمک کلرید سدیم، نمک اصلی ایجاد کننده شوری در خاک‌ها و اثر سمی آن بر رشد و فعالیت کرم خاکی بوده است. باید یادآوری کنیم که بخشی از کاهش رشد کرم‌خاکی در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش فعالیت میکروبی خاک و در نتیجه کاهش تجزیه مواد آلی و کاهش بیوماس میکروبی و گیاهی می‌باشد که هر دو از منابع تغذیه‌ای کرم‌ها بوده و رشد این موجودات نقصان می‌یابد. لازم به ذکر است که در رابطه با اثر شوری بر رشد و فعالیت کرم خاکی مطالعات اندکی انجام شده است و درصد بالایی از این تحقیقات بر روی گونه *E. fetida* از گروه اکولوژیکی اپی ژئیک صورت گرفته و بر روی گونه *L. terrestris* از گروه اکولوژیکی آنسیک فقط یک مقاله یافت شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد از این تحقیق تقدیر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1- جعفری حقیقی م. 1382. روش‌های تجزیه خاک، نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی "با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی". انتشارات ندای ضحی.

2- صفري سنجاني ع.ا. 1382. بيولوژي و بيوشيمي خاك. انتشارات دانشگاه بوعلي سينا.

3- علیزاده ا. 1381. رابطه‌ی آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی.

4- Achuthan Nair G., Yossef Abdelgader K., Filogh Abdelsalam M., and Birones Maria J.I. 2005. Ocurrence and density of earthworms in relation to soil factors in Benghazi,Libya. African Journal of Ecology, 43: 150-154.

5- Bouche M.B. 1977. Strategies lombriciennes. In: Lohm U. and Persson T. Soil organisms as components of ecosystems. Ecological Bulletins, 25: 122-132.

6- 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, 28: 364-370.

7- 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, 74A: 569-575.

8- Dash M.C., and Patra V.C. 1977. Density, biomass and energy budget of a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa, India. Revue d"Ecologie et Biologie du sols, 14: 461-471.

9- Edwards C.A., and Bohlen P.J. 1996. Biology and Ecology of Earthworms, Chapman and Hall, London.

10- Edwards C.A. 2004. Earthworm Ecology. 3rd edition. CRC Press, Boca Raton, FL. 441 p.

11- Ernst G., Henseler I., Felten, D., and Emmerling C. 2009. Decomposition and mineralization of energy crop residues governed by earthworms. Soil Biology and Biochemistry, 41: 1548-1554.

www.SID.ir

Archive of SID

12- Ficher E., and Molnar L. 1997. Growth and reproduction of Eisenia fetida (*Oligochaeta, Lumbricidae*) in semi-natural soil containing various metal chlorides. Soil Biology and Biochemistry**,** 29:667-670.
13- 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.
14- Klok C. 2007. Effects of earthworm density on growth, development, and reproduction in *Lumbricus rubellus* (Hoffm.) and possible consequences for the intrinsic rate of population increase. Soil Biology and Biochemistry, 39: 2401–2407.
15- 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.
16- Pathak H., and Rao D.L.N. 1998. Carbon and nitrogen mineralization from added organic matter in saline and alkaline soils. Soil Biology and Biochemistry, 30: 695-702.
17- 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.
18- Neuhauser E.F., Kaplan D.L., and Hartenstein R. 1979. Life history of the eartworm *Eudrilus eugeniae*. Revistal Ecological Biological of Soils, 16: 525-534.
19- 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.
20- Owojori O.J., Reinecke A.J., and Rozanov A.B. 2009a. The combined stress effects of salinity and copper on the earthworm *Eisenia Fetida*. Applied Soil Ecology, 41: 277-285.
21- Owojori O.J., Reinecke A.J., Voua-Otomo P., and Reinecke S.A. 2009b. Comparative study of the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil-dwelling species (*Folsomia candida, Enchytraeusdoerjesi*, *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*). Pedobiologia, 52: : 351-360.
22- Owojori O.J., and Reinecke A.J. 2009. Avoidance behaviour of two eco-physiologically different earthworms (*Eisenia fetida and Aporrectodea caliginosa*) in natural and artificial saline soils. Chemosphere, 75: 279-283.
23- Owojori O.J., and Reinecke A.J. 2010. Effects of natural (flooding and drought) and anthropogenic (copper and salinity) stressors on the earthworm *Aporrectodea caliginosa* under field conditions. Applied Soil Ecology, 44: 156–163.
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- Robidoux P.Y., and Delisel C.E. 2001. Ecotoxicological evaluation of three deicers (NaCl,NaFo,CMA)-Effect on Terrestrial organisms. Ecotoxicological and Environmental Safety, 48: 128-139.
26- 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.
27- 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.
28- 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.
29- Sepaskhah A.R., and Maftoun M. 1998. Relative salt tolerance of Pistashio cultivars. Journal of Horticultural Science, 63: 157-167.
30- Tiunov A.V., and Scheu S. 2004. Carbon availability controls the growth of detritivores (*Lumbricidae*) and their effect on nitrogen mineralization. Oecologia, 138: 83-90.
31- Vliet P.C.J., Stelt B., Rietberg P.I., and Goede R.G.M. 2007. Effects of organic matter content on earthworms and nitrogen mineralization in grassland soils. European Journal of Soil Biology, 43: 222-229.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 6, Jan-Feb 2011, p. 1097-1108

نشریه آب و خاک
جلد 24، شماره 6، بهمن - اسفند 1389، ص. 1108-1097

The Study of Populations and Growth Characteristics of Earthworms (*Lumbricus terrestris* L) in a Soil Salinized with NaCl and the Importance of Organic Amendments in Alleviating Salinity Effects

F. Nemati[1*] – F. Raiesi[2] – A.R. Hosseinpur[3]

Received: 12-1-2010
Accepted: 12-9-2010

Abstract

Soil salinity in huge parts of the world, especially in arid and semi-arid regions, is a factor limiting growth of plant and other organisms. Earthworm can be considered as an indicator of soil quality in agroecosystems, because of a positive correlation between earthworm abundance and the productivity of cropped plants. The main objective of this study was to realize the interaction between soil salinity and organic amendments on the growth and populations of anecic earthworm (*Lumbricus terrestris* L.) under controlled greenhouse conditions. The experiment was a 4×4 factorial consisting of three levels of salinity (2, 4 and 8 dSm^{-1}) obtained using NaCl (plus a control) and three organic amendments (alfalfa and corn residues, cow manure and control) arranged in a completely randomized design replicated three times. The experiment lasted 15 weeks. Results showed that increasing soil salinity caused a significant reduction ($P \leq 0.001$) in all the earthworm's growth indices. The increase in salinity from 0.49 dS m^{-1} (control) to 8 dS m^{-1} reduced the number of earthworms (32%), fresh weight of worms (54%), dry weight of worms (54%), worms length (25%) and the number of cocoon (35%), suggesting the harmful effect of salinity on earthworms growth. The application of organic amendments has, to some extent, alleviated salinity effects on earthworms, and resulted in increases in earthworm growth rates at all salinity levels. Soils amended with alfalfa residues showed the highest alleviating outcomes. In summary, salinity reduced the growth and activity of earthworms *L. terrestris* and the added organic materials, however, lowered the detrimental effects of salinity on earthworms in the studied soil.

Keywords: Earthworm, Growth index, Organic amendments, Salinity, Saline environments, *Lumbricus terrestris* L

1, 2,3 – Graduated Student and Associate Professor of Soil Science Deportment, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Respectively
(* - Corresponding Author Email: Fatemeh.nemati 2010 @yahoo.com)

www.SID.ir