اثر شوری آب آبیاری و کود دامی بر آبشویی باکتری اشرشیاکلی آزاد در ستون‌های خاک دست‌خورده

حسین شیرانی[۱*]، سمیه شیروانی[۱] و محمد مرادی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۱)

چکیده

در سال‌های اخیر آلودگی میکروبی آب‌های سطحی و زیرسطحی، یک مسئله و مشکل جدی برای برخی از کشورها به‌شمار می‌رود که منجر به ایجاد بیماری‌های خطرناک شده است. شوری خاک و آب آبیاری می‌تواند بر میزان جابه‌جایی و یا زنده‌مانی باکتری‌ها در خاک اثر داشته باشد. در این تحقیق اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری با قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۵، ۲/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و کود آلی شامل کود مرغی، گاوی و مخلوط مرغی و گاوی به‌میزان ۱۰ تن در هکتار بر حرکت باکتری اشرشیاکلی در ستون‌های خاک دست‌خورده به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۱۰ سانتی‌متر، در شرایط رطوبتی غیرماندگار بررسی شد و غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب خروجی اندازه‌گیری شد. شدت آلودگی زه‌آب ستون‌های خاک تیمار شده با شوری آب ۶ دسی‌زیمنس بر متر، کمتر از آب با شوری‌های ۲/۵ و ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود که این اختلاف در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. همچنین، شدت آلودگی زه‌آب ستون‌های تیمار شده با کود مرغی بیشتر ازکود مخلوط و کود گاوی و کود مخلوط نیز، بیشتر از کود گاوی بود. اثر متقابل تیمارهای مختلف شوری بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در تیمارهای کودی مختلف نیز در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که غلظت باکتری خروجی، تحت تأثیر شوری آب آبیاری قرار گرفته و با افزایش شوری غلظت باکتری کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: منحنی رخنه، کود مرغی، کود گاوی، زه‌آب خروجی

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان
۲. گروه ویروس‌شناسی و میکروب‌شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: shirani379@yahoo.com

مقدمه

باکتری‌ها به‌دلیل تنوع متابولیکی، قادرند در جاهایی زندگی کنند که اغلب میکروارگانیسم‌های دیگر قادر به زندگی در آن مکان‌ها نیستند. چنانچه ویروس‌ها را استثنا بدانیم، معمولاً تعداد باکتری‌ها در خاک نسبت به سایر میکروارگانیسم‌ها بیشتر است. تنها در یک نمونه خاک ممکن است بیش از ۴۰۰۰ باکتری یافت شود که از لحاظ ژنتیکی با هم متفاوتند (۳۷). نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داده است که غلظت میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای دامی در میزان آلودگی منابع آبی نقش مهمی را ایفا می‌کند (۱۳ و ۲۸). غلظت باکتری بیماری‌زا به نوع حیوان، نوع میکروارگانیسم، تعداد میکروارگانیسم، سن حیوان، روش ذخیره کود، مدت ذخیره (میزان تجزیه قبل از اضافه شدن به خاک) و روش استفاده از کود، بستگی دارد (۲۰ و ۲۴). انتقال باکتری بستگی به‌اندازه سلول میکروارگانیسم، خصوصیات سطح سلول (۲۶)، بافت خاک و اندازه ذرات (۱۹ و ۳۸)، نفوذپذیری، درجه همگنی و مینرالوژی خاک (۳) دارد. این انتقال همچنین به pH محلول، قدرت یونی و تحرک خود باکتری بستگی دارد (۴ و ۳۱). مطالعات جربا و همکاران (۱۱)، تیت و همکاران (۳۶)، کیبی و همکاران (۱۷)، کرین و همکاران (۵)، ردی و همکاران (۳۰)، فاوست و همکاران (۹)، موبریو و همکاران (۲۳)، انتری و همکاران (۷) و ورجین و همکاران (۳۹) نیز نشان دادند که جذب (ابقا) و یا انتقال باکتری در خاک تحت تأثیر ویژگی‌های خاک چون رطوبت، pH، درجه حرارت، مقدار و خصوصیات کود آلی، فراهمی مواد غذایی و بافت (توزیع اندازه ذرات) است. میزان رطوبت خاک بر سرعت حرکت و آبشویی باکتری‌ها مؤثر است (۱۵، ۲۷). هاگدورن و همکاران (۱۴) دریافتند که در شرایط غیر اشباع، عمق حرکت باکتری‌ها کمتر از یک متر است، در حالی‌که در شرایط اشباع می‌تواند به ۳۰ تا ۶۰ متر هم برسد. فیلیپ و همکاران (۱۰) در آزمایشی که برای تعیین قابلیت بقای چند میکروارگانیسم در خاک اشباع انجام دادند، مشاهده کردند که باکتری اشرشیاکلی برای مدت بیش از ۱۰۰ روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند. نتایج کدوا و همکاران (۱۸) نشان داد که یک گونه باکتری اشرشیاکلی به‌نام *E.coli O157:H7* حتی به‌مدت ۶۳۰ روز در خاک حاوی کود گوسفندی که تهویه مناسبی نداشت، در دمای پایین‌تر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند. روش کوددهی در خاک بستگی به نوع کود (مایع یا جامد)، نوع خاک و نوع کشت دارد (۱۳). زمانی که کود به‌صورت مایع به خاک تزریق شود، نسبت به زمانی که کود در سطح خاک پخش می‌شود، میکروارگانیسم‌های کمتری توسط اشعه uv خورشید از بین می‌روند. از طرف دیگر، تزریق کود به خاک، امکان جذب سطحی میکروارگانیسم‌ها را بر روی سطوح کلوییدی خاک افزایش می‌دهد (۲۲). زندسلیمی و همکاران (۱) نشان دادند که نوع کود آلی بر مقدار باکتری آزادشده در خاک مؤثر است. همچنین سپهرنیا و همکاران (۳۲) نشان دادند که میزان باکتری در زه‌آب خروجی ستون‌های خاک با کود گاوی در پوروالیوم‌های مختلف بیشتر از کود مرغی بود. کمترین مقدار باکتری در ستون‌های شامل کود گوسفندی بود. افزودن کودهای مایع آلی، سبب بالا رفتن قدرت یونی محلول خاک و فشرده شدن لایه دوگانه پخشیده می‌شود. این عمل سبب نزدیک شدن باکتری‌ها به سطح خاک می‌شود، لذا با افزایش غلظت محلول کود، انتظار می‌رود انتقال و آبشویی باکتری‌ها در خاک کندتر شود (۳۵). از طرفی باکتری‌های موجود درکود، می‌توانند جذب سطوح کلوییدی کود و خاک شوند. این عمل می‌تواند انتقال و حرکت باکتری‌ها را به‌دلیل توانایی انتقال زیاد ذرات کلوییدی، آسان کند. البته این ذرات می‌توانند منافذ ریز خاک را مسدود و از حرکت باکتری‌های دیگر جلوگیری کنند (۶). برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رطوبت خاک و آب‌گریزی سطح باکتری، از عوامل مهم مؤثر بر حرکت باکتری‌های پاتوژن در خاک هستند (۱۲).

عمق انتقال باکتری‌ها در خاک‌های مختلف متفاوت است. هاگدورن و همکاران (۱۴)، بیتون و هاروی (۲) عمق انتقال باکتری درعمق خاک را از ۱ تا ۸۳ متر گزارش کرده‌اند که

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	مقدار
بافت	شنی
درصد رس	۶/۸۳
درصد سیلت	۳/۳۴
درصد شن	۸۹/۸۳
درصد کربنات کلسیم معادل	۱۰
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۵
درصد کربن آلی	۰/۳۴
هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر ساعت)	۱۹/۳۱
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۵
جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۲/۷

بستگی به نفوذپذیری و درجه اشباع خاک و طول زمان آبشویی کود دارد. در خاک‌هایی با منافذ درشت و زهکشی مناسب، انتقال باکتری بیشتر است (۳۴). ردی و همکاران (۳۰) سرعت حرکت اشرشیاکلی در دو خاک با زهکشی مناسب و ضعیف را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که سرعت حرکت باکتری اشرشیاکلی در خاک با زهکشی مناسب بیشتر از خاک با زهکشی ضعیف بود، دلیل این امر را به بالا بودن منافذ درشت در خاک با زهکشی مناسب نسبت دادند.

آگاهی از چگونگی حرکت باکتری اشرشیاکلی در ستون‌های خاک دست‌خورده و بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر چونگی حرکت آن، ما را در مدیریت استفاده از کودهای حیوانی یاری خواهد کرد. از این رو این مطالعه با هدف بررسی اثر شوری آب آبیاری بر حرکت باکتری اشرشیاکلی آزاد شده از سه نوع کود در خاک دست‌خورده، انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شرایط آزمایشگاهی و تحت جریان غیر ماندگار، برروی ستون‌های خاک دست‌خورده به ارتفاع ۳۰ و قطر ۱۰ سانتی‌متر انجام شد. خاک مورد استفاده از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان با بافت شنی تهیه شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۱) آورده شده است.

کود مرغی مورد استفاده از مرغ‌های خانگی و کود گاوی نیز از گاوداری‌های خانگی حومه رفسنجان تهیه شدند. آب‌های مورد استفاده با شوری ۰/۵، ۲/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر از موتور پمپ‌های اطراف رفسنجان تهیه شدند که آزمایش کشت باکتری اشرشیاکلی این آب‌ها منفی بود. پس از آماده‌سازی ستون‌های خاک، میزان ۱۰ تن در هکتار (برحسب وزن خشک) از هر یک از کودها، به سطح خاک اضافه شد و با آب‌هایی با شوری مورد نظر آبشویی شدند. زه‌آب به‌دست آمده جمع‌آوری شد و پس از رقیق کردن نمونه‌های آب به‌میزان لازم، برروی محیط کشت ائوزین متیلن بلو (EMB) کشت داده شدند. پلیت‌های محیط کشت به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (۲). در محیط کشت ائوزین متیلن بلو، باکتری‌های گرم منفی زیادی رشد می‌کنند که برای تشخیص باکتری اشرشیاکلی از سایر باکتری‌های گرم منفی، از محیط‌های کشت افتراقی دیگری شامل: TSI (Triple Sugar Iron Agar)، SIM (SH2 indole motility)،

MR-VP (Methyl red – Voges Proskauer) و سیترات آگار استفاده شد (۲۹). تعداد کلونی رشد کرده بر روی محیط کشت، با روش شمارش زنده، شمارش شدند. همچنین هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی نیز اندازه‌گیری شد.

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شوری آب‌ها (۰/۵، ۲/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر)، فاکتور دوم نوع کود (مرغی، گاوی و مخلوط) بود. داده‌های به‌دست آمده به‌وسیله نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن در سطح آماری یک درصد انجام شد. همچنین، شکل‌ها با کمک نرم‌افزار Excel رسم شد و برای نرمال شدن داده‌ها، تبدیل لگاریتمی انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای کود بر منحنی رخنه باکتری اشرشیاکلی در شوری‌های مختلف

در شکل‌های (۱، ۲ و ۳) اثر تیمارهای کود بر آلودگی زه‌آب، به‌ترتیب در شوری ۰/۵، ۲/۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نشان داده شده است. شدت آلودگی زه‌آب ستون‌های تیمار شده با کود مرغی بیشتر از کودهای مخلوط و گاوی بود که دلیل آن احتمالاً وجود مقادیر زیاد کربن آلی قابل تجزیه در کود مرغی است که باعث رشد و فعالیت تعداد زیادی باکتری اشرشیاکلی شده است. ولی در کود گاوی مقادیر زیادی کاه و کلش حاصل از بستر دام وجود داشت که دارای مواد تجزیه ناپذیر مانند لیگنین و سلولز است و این ترکیبات مناسب برای رشد و فعالیت باکتری اشرشیاکلی نیستند. غلظت باکتری‌های بیماری‌زای کودهای دامی به‌مقدار زیادی بستگی به نوع حیوان، روش نگهداری کود و میزان تجزیه آن پیش از افزودن به خاک دارد (۲۵). بنابراین پیش‌بینی می‌شود که تیمارهای کودی گوناگون، اثرهای غیر مشابه‌ای بر آلودگی زه‌آب داشته باشند (۳۲).

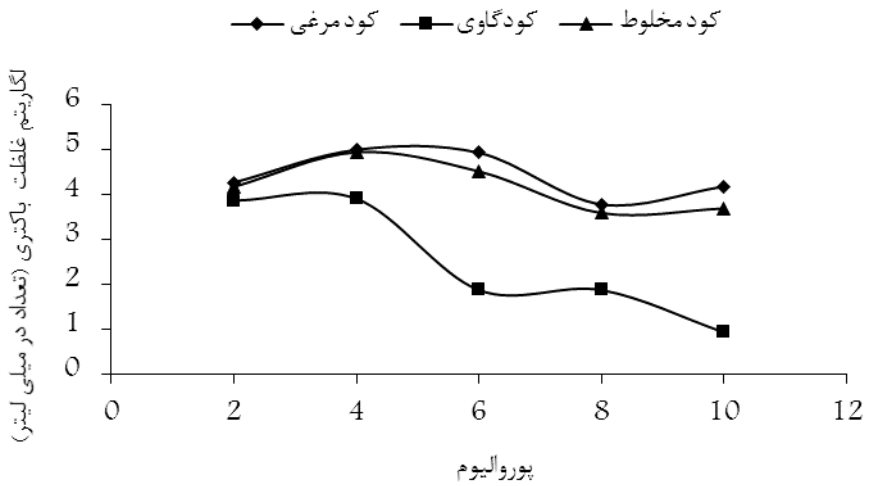
تحت شوری آب ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر (کمترین شوری)، غلظت باکتری اشرشیاکلی جمع‌آوری شده از ستون‌ها در هر سه نوع کود مرغی، گاوی و مخلوط در ابتدای آبشویی تقریباً یکسان بود (شکل ۱). با افزایش میزان آب‌شویی، غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب جمع‌آوری شده حاصل از ستون‌های تیمار شده با کود گاوی، کاهش یافت.

در شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر که تقریباً شوری متوسطی است، در ابتدای آبشویی غلظت باکتری اشرشیاکلی جمع‌آوری شده در زه‌آب ستون‌های تیمار شده با هر سه کود تقریباً یکسان است و با ادامه آب‌شویی تا چهار پورواليوم، غلظت باکتری اشرشیاکلی افزایش می‌یابد (شکل ۲). ولی با آبشویی بیشتر، غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب کود گاوی کاهش یافته، تا جایی که از شش پورواليوم به بعد، غلظت به صفر می‌رسد. غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب جمع‌آوری شده با کود مخلوط نیز از پورواليوم شش به بعد کاهش می‌یابد که البته این کاهش به‌شدت کاهش در مورد کود گاوی نیست، درحالی‌که روند غلظت باکتری اشرشیاکلی در کود مرغی ثابت و یکنواخت است.

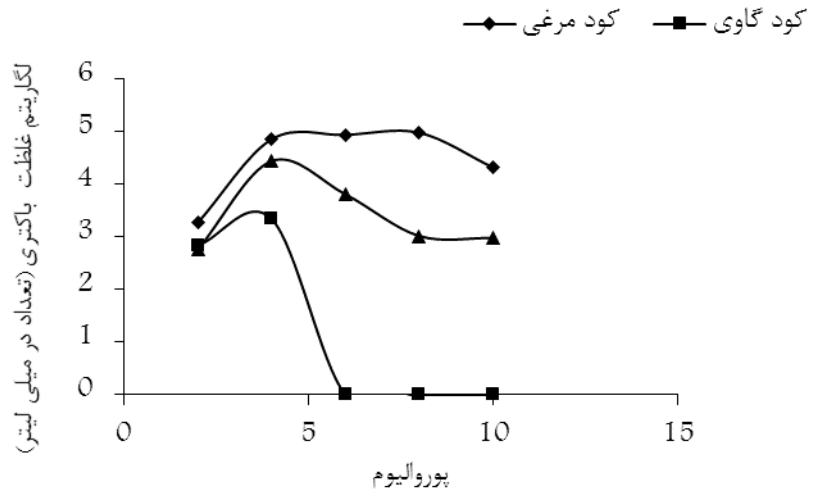
در شوری زیاد یعنی شش دسی‌زیمنس بر متر، نیز همانند دو شوری دیگر در ابتدای آب‌شویی، غلظت باکتری اشرشیاکلی تقریباً یکسان است (شکل ۳). در کود گاوی از همان ابتدا و با افزایش آب‌شویی، غلظت باکتری اشرشیاکلی روند کاهشی نشان داد، تا جایی که در هشت پورواليوم غلظت به صفر رسید. در کود مخلوط غلظت باکتری اشرشیاکلی حاصل از آب زهکشی شده در چهار پورواليوم ماکزیمم مقدار خود را دارد و بعد از آن غلظت به‌سرعت کاهش می‌یابد تا جایی که در ۱۰ پورواليوم غلظت به صفر می‌رسد. در مورد کود مرغی با افزایش آبشویی تا شش پورواليوم، روند غلظت باکتری اشرشیاکلی افزایشی است، به‌طوری‌که در شش پورواليوم، ماکزیمم غلظت باکتری اشرشیاکلی دیده می‌شود. اما با افزایش آبشویی، غلظت باکتری اشرشیاکلی در این کود نیز کاهش چشمگیری پیدا می‌کند.

اثر تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری بر غلظت اشرشیاکلی در زه‌آب خروجی

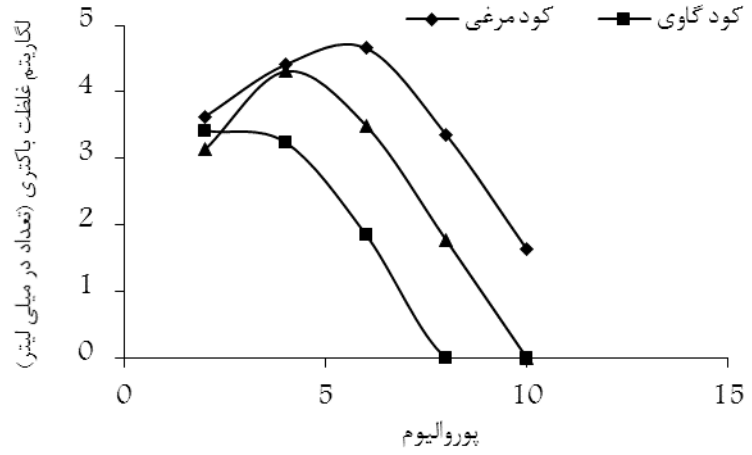
اثر تیمارهای شوری مختلف بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در



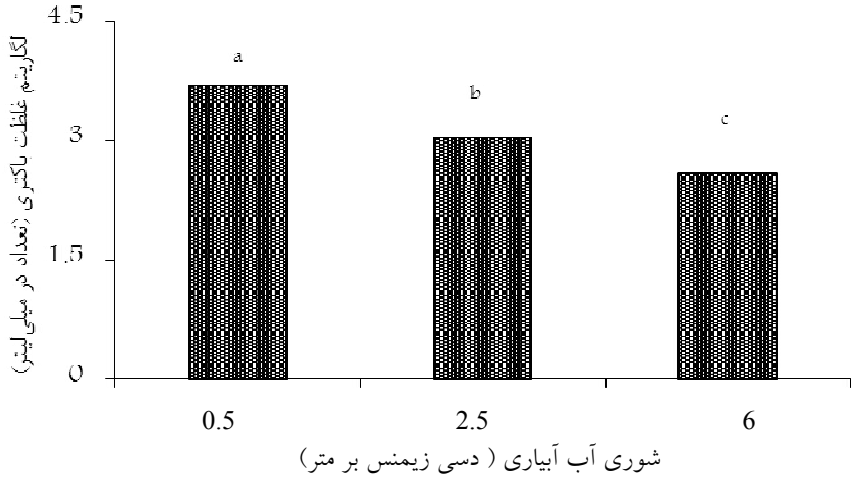
شکل ۱. منحنی رخنه باکتری اشرشیاکلی در شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر



شکل ۲. منحنی رخنه باکتری اشرشیاکلی در شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر



شکل ۳. منحنی رخنه باکتری اشرشیاکلی در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر



شکل ۴. اثر شوری‌های مختلف بر غلظت اشرشیاکلی. حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر شوری آب آبیاری و نوع کود دامی بر غلظت باکتری زه‌آب خروجی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
شوری	۲	۱۳/۶۷۹	۳۳/۰۵۶۷**
کود دامی	۲	۶۴/۸۸۲	۱۵۵/۳۳۶۳**
شوری × کود دامی	۴	۳/۱۴۷	۷/۶۰۶۳**

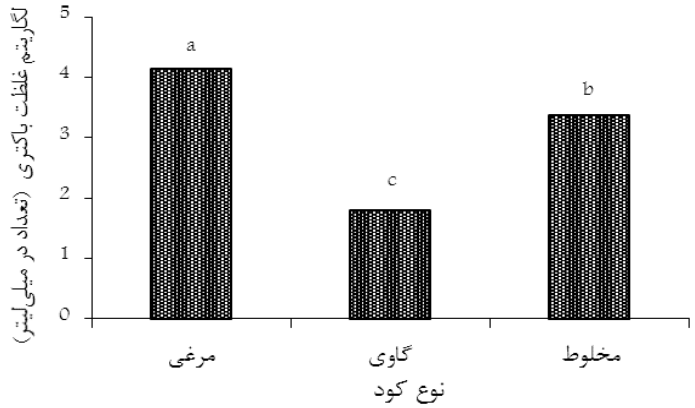
** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱

شکل (۴) آورده شده است. نتایج نشان دادند که تیمارهای مختلف شوری بر غلظت باکتری در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب جمع‌آوری شده مربوط به کمترین شوری یعنی ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت باکتری کمترین مقدار را دارا است. نتایج مطالعات شانگ و همکاران (۳۳) و ورجین و همکارن (۳۹) نشان می‌دهد که شوری زه آب خروجی، برروی حرکت باکتری اشرشیاکلی مؤثر است و در هر نوبت آبیاری، منحنی رفتار تجمع باکتری اشرشیاکلی با منحنی رفتار تجمعی نمک ارتباط داشته و می‌تواند به‌منظور مدل کردن انتقال باکتری اشرشیاکلی مورد استفاده قرار گیرد.

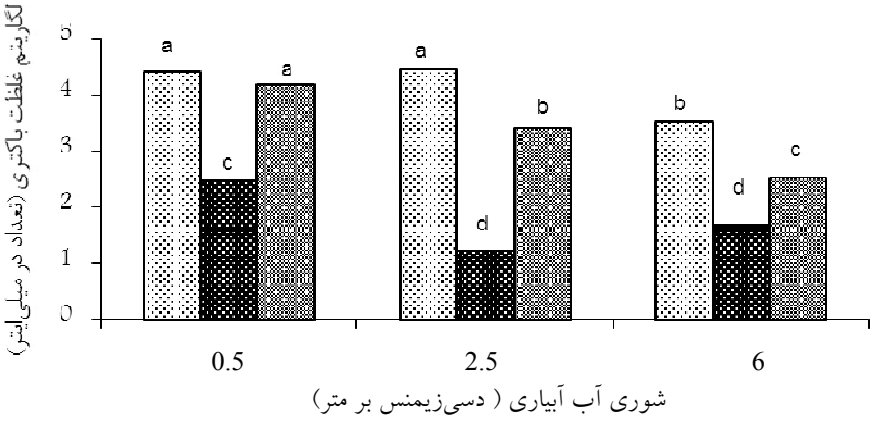
شوری زیاد اثر منفی بر غلظت باکتری اشرشیاکلی دارد و باعث از بین رفتن این باکتری می‌شود. همچنین شوری زیاد باعث بالا رفتن قدرت یونی محلول خاک و فشرده شدن لایه دوگانه پخشیده (DDL) می‌شود (۱۶). این عمل سبب نزدیک شدن باکتری‌ها به سطح ذرات خاک و غلبه نیروهای واندروال برای جذب باکتری روی سطح ذرات خاک می‌شود، لذا با افزایش غلظت محلول، انتقال و آبشویی باکتری‌ها در خاک کاهش می‌یابد (۲۱).

اثر تیمارهای کودی بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب خروجی

اثر تیمارهای کود بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در شکل (۵) نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که اثر تیمارهای مختلف کودی بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کود مرغی دارای بیشترین غلظت باکتری در زه‌آب جمع‌آوری شده بود و کود گاوی کمترین مقدار را دارا بود.



شکل ۵. اثر تیمارهای کودی بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب خروجی. حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است



شکل ۶. اثر متقابل شوری‌های مختلف آب آبیاری و کود بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب خروجی. حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

نتایج مطالعه فرهنگی و همکاران (۸) نشان داد که حرکت باکتری اشرشیاکولی آزاد شده از کود گاوی تحت تأثیر زمان آبشویی است. با گذشت زمان آبشویی، ذرات کود حرکت کرده و منافذ را می‌بندند که مانعی برای گذر باکتری از خاک است. نتایج دارناولت و همکاران (۶) نیز نشان داد که افزودن کود گاوی به ستون‌های خاک، سرعت انتقال باکتری را کاهش می‌دهد که دلیل آن را مسدود شدن منافذ ریز توسط ذرات کلوییدی و آلی کود دانستند. همچنین در کود گاوی مقادیر زیاد کاه و کلش وجود دارد که دارای مواد غیر قابل تجزیه مانند لیگنین و سلولز است. این ترکیبات مناسب برای رشد و فعالیت باکتری اشرشیاکلی نیستند، درحالی‌که در کود مرغی مقادیر زیاد کربن آلی قابل‌تجزیه وجود دارد که باعث رشد و فعالیت تعداد زیادی باکتری اشرشیاکلی می‌شود (۲۲). در کود مخلوط که مخلوطی از دو کود مرغی و گاوی است، میزان آلودگی و فعالیت باکتری اشرشیاکلی بینابین دو کود دیگر است.

اثر متقابل شوری‌های مختلف آب آبیاری و کود بر غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب خروجی

نتایج مربوط به برهمکنش تیمارهای شوری‌های مختلف آب آبیاری و کود دامی در شکل (۶) آورده شده است. شوری کم آب آبیاری

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس رگرسیون

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
رگرسیون	۲	۳/۸۲۵	۷/۶۹**
باقیمانده	۳۱	۰/۴۹۷	
کل	۳۳		

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱

جدول ۴. آزمون ضرایب

مدل	β ±std	t
مقدار ثابت	۱/۲۱۱± ۱/۵۱	۰/۸۰۲
EC	-۰/۱۹۵ ± ۰/۰۵۴	-۳/۵۷۸**
pH	۰/۴۷ ± /۲۲۱	۲/۱۲۶ *
مدل	Log Concentration = 1.211 – 0.195 EC + 0.470 pH	

*، ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰۵/ و ۰/۰۱

یعنی شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر، تنها بر غلظت باکتری خروجی از زه‌آب کود گاوی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد آماری داشته است، اما تأثیری بر غلظت باکتری خروجی از زه‌آب کودهای مرغی و مخلوط ندارد. در شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر که شوری متوسط در این آزمایش محسوب می‌شود، بین هر سه تیمار کودی، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد از نظر غلظت باکتری اشرشیاکلی در زه‌آب خروجی وجود داشت، اما همان‌طورکه در شکل هم مشخص است، اثر شوری کم و متوسط بر غلظت باکتری خروجی از زه‌آب کود مرغی معنی‌دار نبود. شاید دلیل این امر بالا بودن قابلیت هدایت الکتریکی کود مرغی است که این باعث افزایش مقاومت باکتری‌های رها شده از کود مرغی شده و باکتری‌های آزادشده از این کود، توان زنده ماندن در این شوری‌ها را داشته‌اند. شوری شش دسی‌زیمنس بر متر، بر کاهش غلظت باکتری خروجی از هر سه نوع کود به‌طور معنی‌داری اثر داشته است. در این شوری غلظت باکتری‌های موجود در کود مرغی نیز به‌طور چشمگیری کاهش یافت. در کود مخلوط نیز شدت کاهش قابل ملاحظه بود. این کود مخلوطی از دو کود مرغی و گاوی است و از آنجایی که شدت کاهش در کود مرغی در شوری زیاد قابل ملاحظه بود، شاید بتوان این کاهش جمعیت باکتری در کود مخلوط را به کاهش جمعیت باکتری‌های موجود در کود مرغی نسبت داد. جدول تجزیه واریانس موارد ذکر شده در جدول (۲) آورده شده است.

همان‌طورکه در مواد و روش‌ها بیان شد شوری زه‌آب خروجی نیز اندازه‌گیری شد و رابطه رگرسیونی بین غلظت باکتری اشرشیاکلی و شوری و pH زه‌آب خروجی برقرار شد. جدول تجزیه واریانس رگرسیون و آزمون ضرایب در جدول (۳ و ۴) آورده شده است.

نتیجه‌گیری

شوری آب آبیاری یکی از عوامل مهمی است که می‌تواند منجر به جذب و پالایش باکتری اشرشیاکلی در خاک شود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که شوری به‌طور معنی‌داری موجب کاهش غلظت باکتری در زه‌آب شد، همچنین کودهای مختلف نیز اثر متفاوتی بر غلظت باکتری اشرشیاکلی داشتند. بیشترین غلظت باکتری در تیمار کود مرغی و کمترین غلظت در تیمار

کود گاوی دیده شد، همچنین رابطه رگرسیونی که بین غلظت باکتری اشرشیاکلی خروجی از زه‌آب و شوری زه‌آب برقرار شد، نشان داد که غلظت باکتری خروجی رابطه منفی با شوری آب آبیاری داشت و با افزایش شوری، غلظت باکتری کاهش یافت.

منابع مورد استفاده

۱. زند سلیمی، س.، م. ر. مصدقی و ع. ا. محبوبی. ۱۳۸۷. سرنوشت باکتری‌های گرم منفی آزاد شده از کودهای آلی مختلف در دو خاک استان همدان. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* ۱۲(۴۶): ۲۹۹-۲۸۹.

2. Bitton, G. and R. W. Harvey. 1992. Transport of pathogens through soils and aquifers. PP: 103-124. *In:* R. Mitchell, (Ed.) Environmental Microbiology. Wiley-Liss, New York.
3. Bradford, S. A., Y. F. Tadassa and Y. Jin. 2006. Transport of coliphage in the presence and absence of manure suspension. *Journal of Environmental Quality* 35(3): 1692-1701.
4. Bradford, S. A., V. L. Morales, W. Zhang, R. W. Harvey, A. I. Packman, A. Mohanram and C. Welty. 2013. Transport and fate of microbial pathogens in agricultural settings. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 43(8): 775-893.
5. Crane, S. R., P. W. Westerman and M. R. Overcash. 1981. Dieoff of fecal indicator organisms following land application of poultry manure. *Journal of Environmental Quality* 9(1): 531- 537.
6. Darnault, C. J. G., T. S. Steenhuis, P. Garnier, Y. J. Kim, M. B. Jenkins, W. C. Ghiorse, P. C. Baveye and J. Y. Parlange. 2004. Preferntiol flow and transport of *cryptosporidium parvum Oocysts* through the vadose zone. *Vadose Zone Journal* 3(1): 262-270.
7. Entry, J. A., R. K. Hubbard, J. E. Theis and J. J. Fuhrmann. 2000. Coliform bacteria: II. Survival in soils. *Journal of Environmental Quality* 29(3): 1215-1224.
8. Farhangi, M. B., M. R. Mosaddeghi, A. A. Safari-Sinegani and A. A. Mahboubi. 2011. Unsaturated Transport of Cow Manure-Borne *Escherichia Coli* through the field soil *Journal of Water and Soil Science* 16(59):127-140.
9. Faust, M. A. 1982. Relationship between land-use practices and fecal bacteria in soils. *Journal of Environmental Quality* 11(1): 141-146.
10. Filip, Z., D. Kaddu-Mulindwa and G. Milde. 1988. Survival of some pathogenic and facultative pathogenic bacteria in groundwater. *Water Science and Technology* 20(2): 227-231.
11. Gerba, C. P., C. Wallis and J. L. Melnick. 1975. Fate of wastewater bacteria and viruses in soil. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 101(13): 157-174.
12. Gargiulo, G., S. A. Bradford, J. Simunek, P. Ustohal, H. Vereecken and E. Klumpp. 2008. Bacteria Transport and Deposition on under Unsaturated Flow Conditions: The Role of Water Content and Bacteria Surface Hydrophobicity. *Vadose Zone Journal* 7: 406-419.
13. Hagedorn, C. and E. L. McCoy. 1979. Soil suitability for on–site waste disposal: Development of genetically marked *Escherichia coli* strains as tracers of subsurface water flow. Water Resources Research Institute. Oregon State University, Corvallis.
14. Hagedorn, C., D. T. Hansen and G. H. Simonson. 1978. Survival and movement of fecal indicator bacteria in soil under conditions of saturated flow. *Journal of Environmental Quality* 7(1):55-59.
15. Hardie, M. A., W. E. Cotching, R. B. Doyle, G. Holz, S. Lisson and K. Mattern. 2011. Effect of antecedent soil moisture on preferential flow in a texture-contrast soil. *Journal of Hydrology* 398(3): 191-201.
16. Jewet, D. G., T. A. Hilbert, B. E. Logan, R. G. Arnold and R. C. Bales. 1995. Bacterial transport in laboratory columns and filters: influence of ionic strength and pH on collision efficiency. *Water Research* 29(2):1673–1680.
17. Kibbey, H. J., C. Hagedorn and E. L. McCoy. 1978. Use of fecal streptococci as indicators of pollution in soil. *Applied and Environmental Microbiology* 35(3): 711-717.
18. Kudva, I. T., K. Blanch and C. J. Hovde. 1998. Analysis of *Escherichia coli* O157:H7 in ovine or bovine manure and manure slurry. *Applied and Environmental Microbiology* 64(4): 3166-3174.
19. Lang N. L, S. R. Smith. 2007. Influence of soil type, moisture content and biosolids application on the fate of *Escherichia coli* in agricultural soil under controlled laboratory conditions. *Journal of Applied Microbiology* 103(14): 2122–2131.
20. Lindqvist, R. and G. Bengtsson. 1995. Diffusion-limited and chemical-interaction-dependent sorption of soil bacteria and microspheres. *Soil Biology and Biochemistry* 27(3): 941–948.
21. McMurry, S. W., M. S. Coyne and E. Perfect. 1998. Fecal coliform transport through intact soil blocks amended

with poultry manure. *Journal of Environmental Quality* 27(5):86- 92.
22. Mosaddeghi, M. R., A. A. Mahboubi, S. Zandsalimi and A. Unc. 2008. Influence of organic waste type and soil structure on the bacterial filtration rates in unsaturated intact soil columns. *Journal of Environmental Management* 90(12): 730-739.
23. Mubiru, D. N., M. S. Coyne and J. H. Grove. 2000. Mortality of *Escherichia coli* O157:H7 in two soils with different physical and chemical properties. *Journal of Environmental Quality* 29(11): 1821-1825.
24. Nicholson, F. A., S. J. Groves and B. J. Chambers. 2005. Pathogen survival during livestock manure storage and following land application. *Bioresource Technology* 96(11): 135–143.
25. Nodar, R., M. J. Acea and T. Carballas. 1992. Poultry slurry microbial population: composition and evolution during storage. *Bioresource Technology* 40(4):29–34.
26. Park, S. and K. Song-Bae. 2009. Adhesion of Escherichia coli to iron-coated sand in the presence of humic acid: a column experiment. *Water Environment Research* 81(14): 125-130.
27. P.Brennan, F., V. O'Flaherty, G. Kramers, J. Grant and G. K. Richards. 2010. Long-Term Persistence and Leaching of *Escherichia coli* in Temperate Maritime Soil. *Applied and Environmental Microbiology* 76(5): 1449–1455.
28. Patni, N. K., H. R. Toxepeus and P. Y. Jui. 1985. Bacterial quality of runoff from manured and non-manured cropland. *Transactions of the ASAE* 28(4):1871-1877.
29. Rahimie, M. K. 2005. Essentials of Medical Microbiology. 1nd (Ed.). Aibig Press. Iran. (In Farsi).
30. Reddy, K. R., R. Khaleel and M. R. Overcash. 1981. Behavior and transport of microbial pathogens and indicator organisms in soils treated with organic wastes. *Journal of Environmental Quality* 10(1): 255-266.
31. Sepehrnia, N., A. A., Mahboubi, M. R. Mosaddeghi, A. Safari-Sinejani and G. Khodakaramian. 2014. Escherichia coli transport through intact gypsiferous and calcareous soils during saturated and unsaturated flows. *Geoderma* 217(15): 83-89.
32. Sepehrnia, N., L. Memarianfard, A .A. Moosavi, J. Bachmann, G. Guggenberger, F. Rezanezhad. 2017. Bacterial mobilization and transport through manure enriched soils: Experiment and modeling. *Journal of Environmental Management* 201: 388-396.
33. Shang, J., M. Flury and Y. Deng. 2009. Force measurements between particles and the air-water interface: implications for particle mobilization in unsaturated porous media. *Water Resource Research* 45(6): 64-69.
34. Shrestha, S., R. S. Kanwar, C. Cambardella, T. B. Moorman, T. E. Loynachan. 1997. Effect of Swine Manure Application on Nitrogen and Bacterial Leaching through Repacked Soil Columns. ASAE Paper No. 97-2164. St. Joseph, MI: Paper American Society of Agricultural Engineers (972164): 20 pp.
35. Stocker, M. D., Y. A. Pachepsky, R. L. Hill and D. R. Shelton. 2015. Depth dependent survival of *Escherichia coli* and enterococci in soil after manure application and simulated rainfall. *Applied and Environmental Microbiology* 81(14): 4801-4808.
36. Tate, R. L. 1978. Cultural and environmental factors affecting the longevity of Escherichia coli in histosols. *Applied and Environmental Microbiology* 35(3): 925-929.
37. Torsvika, V., J. Gohsoyr, F. L. Daae. 1990. High diversity in DNA of soil bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 56(50): 782-807.
38. Vasiliki, I. S. and C. V. Chrysikopoulos. 2011. Transport of biocolloids in water saturated columns packed with sand: Effect of grain size and pore water velocity. *Journal of Contaminant Hydrology* 126(11): 301-314.
39. Vergine, P., R. Saliba, C. Salerno, G. Laera, G. Berardi, and A. Pollice. 2015. Fate of the fecal indicator Escherichia coli in irrigation with partially treated wastewater. *Water Research* 85(2): 66-73.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 2, Summer 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Salinity of Water Irrigation and Manure on Leaching Escherchia coli in Disturbed Soil Columns

H. Shirani[1*] S. Shirvani[1] and M. Moradi[2]

(Received: January 27-2017 ; Accepted: September 23-2017)

Abstract

In recent years, microbial contamination of surface and groundwater is a serious problem in some countries, leading to dangerous diseases. Soil salinity and irrigation water can affect the amount of transport or survival of bacteria in soil. In this study, the effect of different levels of salinity of irrigation water with EC: 0.5, 2.5, 6 ds/m and three manures including poultry manure, cow manure and the mixture of poultry and cow manure with 10 ton ha^{-1} on the transport of *Escherchia coli* was investigated in disturbed soil columns with 30cm height and 10cm diameter under unsteady-state water conditions. The concentration of *Escherchia coli* was measured. The severity of the effluent contamination of the treated columns with water salinity was 6 ds/m, which was less than that with the salinity of 2.5 and 0.5 ds/m. This difference was significant at the 0.01 probability level. Also, the effluent contamination of poultry manure-treated columns was greater than the cow manure and the mixed manure, and the contamination of mixed manure was greater than that of cow manure. The interaction of different salinity treatments on the concentration of *Escherchia coli* in different fertilizer treatments was significant at the 0.01 probability level. The results showed that the concentration of the released bacteria was affected by irrigation water salinity and with increasing the salinity, the concentration of the bacteria was reduced.

Keywords: Breakthrough curve, Poultry manure, Cow manure, Effluent contamination

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2. Department of Virology and Microbiology, Faculty of Medicine, Medical Science University of Kerman, Kerman, Iran.
*: Corresponding Author, Email: e-mail:shirani@vru.ac.ir