

بررسی پیامد کاربرد آنتی بیوتیک‌ها بر فراوانی باکتری‌ها و قارچ‌های بومی خاک تیمار شده با بهسازهای آلی و کانی

مهدی رشتبری¹ و علی اکبر صفری سنجانی

دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان؛ Mehdi.rashtbari@gmail.com

استاد گروه گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان؛ aa-safari@basu.ac.ir

دریافت: 98/7/9 و پذیرش: 98/9/27

چکیده

امروزه کاربرد گسترده پادزیست‌ها در پزشکی برای درمان بیماری‌های مردم و در کشاورزی و دامپزشکی، مایه آلودگی آب و خاک گردیده و پیامد منفی بر ریزجانداران خاک و تندی فرآیندهای زیستی داشته است. در این پژوهش پیامد رها شدن پادزیست‌های پر کاربرد در خاک (جنتامایسین، اکسی تتراسایکلین و پنی‌سیلین) در اندازه‌های گوناگون (50، 100 و 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک خشک) با و بدون بهسازهای آلی و کانی (کود گاوی، بیوجار و نانوزئولیت) بر فراوانی قارچ‌ها، باکتری‌ها، کلیفرم‌ها و شناسه‌های پایداری و بازگشت‌پذیری آنها در سه بازه زمانی 7-30، 7-90 و 30 روز در دوره گرماگذاری 90- روز در قالب طرح اسپلیت-فاکتوریل ارزیابی شد که بهساز بکاررفته کرت اصلی و گونه پادزیست و اندازه کاربرد آن به عنوان فاکتورهای آزمایش بودند. شناسه‌های پایداری و بازگشت‌پذیری نیز برای گروه‌های میکروبی برآورد گردید. بر پایه برآوردهای آزمایش، افزودن پادزیست‌ها و در میان آنها جنتامایسین مایه کاهش فراوانی ریزجانداران شد. از سوی دیگر خاک‌های دارای بهساز کود گاوی بیشترین لگاریتم فراوانی قارچی را در بازه زمانی 7-1 داشت که از دیدگاه آماری ناهمانندی چشمگیری با خاک‌های دارای بیوجار نداشت. در بازه 7-30 روز، فراوانی همه باکتری‌ها در تیمارهای کاربرد پادزیست به گونه چشمگیری افزایش پیدا کرد که اندازه افزایش برای پادزیست جنتامایسین و اکسی‌تتراسایکلین، بویژه در اندازه‌های بیشتر کاربرد در برابر در کاربرد پادزیست پنی‌سیلین بالاتر بود. در بازه‌های زمانی 7-30 و 30-90 روز، تیمارهای بهره‌گیری از بهساز کود گاوی و پادزیست‌های جنتامایسین و اکسی‌تتراسایکلین در اندازه‌های کاربرد 100 و 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین اندازه لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای را داشتند. رو هم رفته این پژوهش نشان داد که کاربرد بهسازها بویژه کود گاوی و زغال آن می‌تواند از پیامد زهری پادزیست‌ها کاسته و مایه افزایش شناسه‌های پایداری و بازگشت‌پذیری فراوانی ریزجانداران در خاک گردد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های روده‌ای، پایداری پادزیستی، زغال زیستی، نانوزئولیت

¹ نویسنده مسئول، آدرس: گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

مقدمه

امروزه پادزیست‌ها به گونه گسترده و کارآمدی در پزشکی برای درمان بیماری‌های مردم و در کشاورزی و دامپزشکی برای افزایش رشد گیاهان، آبی‌زی پروری، زنبورداری و دامداری بهره‌گیری می‌شوند (گوتوال و شاشیدار، 2015). در چند سال گذشته، نگرانی‌ها در زمینه آلودگی زیستگاه‌ها با کاربرد داروهای گوناگون و ویژه پادزیست‌ها افزایش پیدا کرده و به مرز هشداردهنده‌ای رسیده است. پیدایش و انباشت پادزیست‌ها در اندازه‌های گوناگون در خاک، آب‌های روزمینی، زیرزمینی، ته-نشست‌ها و همچنین در آب آشامیدنی گزارش شده است (تلسینسکی و همکاران، 2018). یکی از فراوان‌ترین روش‌های آلودگی خاک و آب به پادزیست‌ها، بهره‌گیری از آنها در دامداری‌ها است. آنها بدون دگرگونی چندانی از راه کودهای دامی و پساب‌ها به زمین‌های کشاورزی می-رسند (سیکون و همکاران، 2019)، و از این راه خاک و آب را آلوده می‌کنند. بسته به گونه پادزیست و توانایی‌های ریزجانداران خاک و همچنین ویژگی‌های خاک، این ترکیب‌ها پس از رسیدن به خاک می‌توانند با بخش جامد خاک واکنش داده و یا فروزینه شوند. به هر گونه، بخشی از آنها فروزینه نشده و بر روی دانه‌های خاک نیز جذب نمی‌شوند. این بخش آزاد پادزیست‌ها می‌توانند بر ریزجانداران خاک پیامد بازدارنده داشته و تندی فرآیندهای زیستی را دگرگون کنند (لوپاتو و همکاران، 2019).

ریزجانداران خاک، دگرگون کننده مواد آلی گوناگون در خاک هستند که در افزایش توان بارآوری خاک و زیست‌بهبودی¹ خاک کارایی ویژه‌ای دارند. زیست‌بهبودی ریزجانداران خاک و شناسه‌های زیستی دیگر مانند تنفس پایه و برانگیخته خاک، گوناگونی زیستی² ریزجانداران و گوناگونی کارکردی³ خاک، کارایی دهیدروژناز و تندی نیتریفیکاسیون، از نشانگرهایی هستند که در ارزیابی آلودگی خاک، چرخه عناصر خوراکی و سوخت‌وساز در خاک بکاررفته‌اند (لین و همکاران، 2016؛ دینگ و همکاران، 2014). آلودگی خاک با پادزیست‌ها می‌تواند مایه دگرگونی در فراوانی و گوناگونی ریزجانداران خاک و ناهمسنگی فرایندهای زیستی در خاک گردد (زابلوتنی و جارووسکی، 2014) که این مایه ناهنجاری در چرخه عناصر شیمیایی در خاک می‌گردد (تلسینسکی و همکاران، 2018). چسا و همکاران

(2016) نشان دادند که کاربرد پادزیست اکسی‌تتراسایکلین (در اندازه‌های کمتر از 15 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) فراوانی باکتری‌های خاک و زیست‌بهبودی باکتریایی و قارچی خاک را افزایش داد، در برابر آن، سان و همکاران (2016) کاهش فراوانی باکتری‌ها در غلظت‌های بالاتر و کاهش شناسه‌های گوناگونی زیستی را گزارش نمودند. همچنین لین و همکاران (2016) دگرگونی گوناگونی زیستی خاک را در پی کاربرد پادزیست‌های سولفونامتاکسازول و سیپروفلاکساسین به گونه جداگانه و آمیخته آنها گزارش نمودند. قربان زاده و همکاران (1396) پیامد بد پادزیست‌های جتتامایسین و تری‌متورپیم بر ویژگی‌های زیستی خاک، هتا در اندازه‌های پایین کاربرد پادزیست در خاک را گزارش دادند. مولایی و همکاران (1397) نیز پیامد چشمگیر اندازه‌های گوناگون پادزیست‌های اکسی‌تتراسایکلین و سولفامتاکسازول بر کارکرد ریزجانداران خاک را نشان دادند.

یکی از شناسه‌های بهداشت بومسازها، شناسه پایداری⁴ یا نادگرش در برابر ناهنجاری، آلودگی و نابسامانی آنها است (پیم، 1984). پایداری یک سازه، توانایی آن سازه برای ماندگاری کارکردش در برابر ناهنجاری را نشان می‌دهد که می‌تواند در پی رخدادهای طبیعی باشد و یا در پی کارهای مردمی و مردمزاد⁵ باشد. پایداری سازه خاک به گونه ویژه‌ای توان بازچرخ و از این رو کارکرد فرآیندهای زیستی خاک را نشان می‌دهد (اوروین و واردل، 2004). پادزیست‌ها می‌توانند با پیامد بر ریزجانداران خاک، پایداری بومسازها را کاهش دهند که این کاهش می‌تواند بازگشت پذیر یا بازگشت ناپذیر باشد. این توان را با شناسه بازگشت پذیری⁶ خاک می‌سنجند (مردیت و همکاران، 2018).

بهره‌گیری از بهسازها در خاک می‌تواند از پیامد زیانبار پادزیست‌ها بر ریزجانداران بومی خاک کاسته و بر پایداری ریزجانداران خاک بیفزاید. پیرس و همکاران (2017) گزارش کردند که کاربرد بهسازهای آلی می‌تواند پیامد ویژه‌ای در کاهش زیست‌فراهمی پادزیست‌ها از راه جذب آنها در لایه‌های درونی بهساز داشته باشد. همچنین دوآن و همکاران (2017) نیز کاربرد زغال زیستی (بیوپچار) در بهبود کارایی و کارکرد ریزجانداران خاک در خاک‌های تیمار شده با پادزیست بررسی کردند و دریافتند که این بهساز می‌تواند از پیامد بد پادزیست‌ها بر ریزجانداران خاک بکاهد. در پی افزایش کاربرد

⁴ Resistance Index (RS)

⁵ Anthropogenic

⁶ Resilience Index (RL)

¹ Bioremediation

² Biodiversity

³ Functional diversity

پادزیست‌ها در کشور (انصاری، 2001)، هدف این پژوهش کنونی شناخت و ارزیابی پیامد رها شدن پادزیست‌های پرکاربرد در خاک (با و بدون بهسازهای آلی و کانی)، بر فراوانی قارچ‌ها، باکتری‌ها، کلیفرم‌ها و شناسه‌های پایداری و بازگشت پذیری آنها در یک بازه زمانی 90- روزه بوده است.

مواد و روش‌ها

پادزیست‌ها، کود دامی، بیوجار و نانوزئولیت

پادزیست‌های جنتامایسین (از دسته آمینوگلیکوزیدها؛ شرکت رویان دارو)، اکسی‌تتراسایکلین (از دسته تتراسایکلین‌ها؛ شرکت تولید داروهای دامی ایران) و پنی‌سیلین (از دسته بتالاکتام‌ها؛ شرکت دارویی نصر) از داروخانه دامپزشکی مرتع در شهر همدان خریداری گردید. این پادزیست‌ها از گروه پرکاربردترین آنها در دامپروری است. همچنین همه مواد شیمیایی بهره‌گیری شده در این پژوهش از شرکت مرک آلمان (Merck Co.) فراهم شد. کشتگاه‌های بکاررفته در کشت باکتری‌ها و قارچ‌های خاک نیز از شرکت بایولب (BioLab) خریداری شد. نانوزئولیت از شرکت افرازند در سمنان ایران خرید شد. کود دامی پوسیده از گاوداری باغ دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی فراهم شد و بیوجار این کود گاوی در دمای 600 درجه سانتی‌گراد در شرکت نوآوران زیست بنیان آویسا اهواز ساخته شد.

نمونه برداری خاک و بررسی ویژگی‌های آن

برای انجام این پژوهش از لایه رویین (5-2 سانتی متر) خاک یک کشتزار در پشت ساختمان نوین دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان نمونه برداری شد. در پنج سال گذشته در این خاک، کودهای دامی دارای پادزیست به کار نرفته بود. نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌ها از الک دو میلی‌متری گذرانده شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر پایه دستورکارهای استاندارد بررسی شدند (جدول 1؛ صفری سنجانی و همکاران، 1389؛ اسپارکس و همکاران، 1996). بافت خاک به روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد. از ویژگی‌های شیمیایی pH خاک با دستگاه pH سنج مدل متراهم¹ 744، رسانندگی الکتریکی (EC) با رسانندگی سنج الکتریکی مدل دلبیو تی دلبیو² 720 هر دو در نسبت 1 به 2 خاک به آب، درصد کربن آلی به روش اکسایش تر (والکلی و بلک، 1934) اندازه‌گیری شد.

آماده‌سازی تیمارها

سه بهساز کود گاوی پوسیده، بیوجار و نانوزئولیت، پس از سترون‌سازی در دمای 121 درجه سانتی‌گراد، به گونه جداگانه آماده و به اندازه دو درصد وزنی از هر کدام با نمونه‌های خاک آمیخته گردید و یک تیمار گواه (بدون بهساز) نیز آماده شد. محلول‌های آبی پادزیست‌های جنتامایسین، اکسی‌تتراسایکلین و پنی‌سیلین با آب مقطر آماده شد و به 400 گرم خاک خشک افزوده گردید و به خوبی به هم زده شده و همزمان آب به نمونه‌های خاک افزوده شد تا به نمناکی 60 درصد گنجایش نگهداری آب (0.6WHC) برسد. برای هر تیمار از پادزیست‌ها سه اندازه 50، 100 و 200 میلی‌گرم پادزیست بر کیلوگرم خاک خشک، به همراه یک تیمار گواه (بدون پادزیست)، در سه تکرار آزمایش شد. نمونه‌های خاک تیمار شده در تاریکی و در دمای 25 درجه سلسیوس برای 90 روز نگهداری شدند. در زمان گرم‌گذاری، نمونه‌های خاک چندین بار به خوبی به هم زده می‌شدند تا زیستگاه هوازی در همه جای خاک فراهم گردد و آب مقطر برای نمناک نگهداشتن خاک به آنها افزوده می‌شدند. در روزهای 1، 3، 7، 15، 30، 60 و 90 پس از کاربرد تیمارها، یک گرم از نمونه خاک برای کشت همه قارچ‌ها، همه باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای خاک برداشت و از راه سری‌های رقت بررسی گردید.

کشتگاه ریزجانداران و شمارش آنها

برای کشت و شمارش قارچ‌ها از کشتگاه آماده PDA³، برای کشت و شمارش همه باکتری‌ها از کشتگاه آماده NA⁴ و برای باکتری‌های روده‌ای از کشتگاه آماده EMB⁵ بهره‌گیری شد. برای آماده‌سازی سوسپانسیون از خاک یک گرم آن را در ارلن دارای 99 میلی‌لیتر آب سترون ریخته و ارلن برای 15 دقیقه با سرعت 120 دور در دقیقه تکان داده شد و سری‌های رقت آماده شد. از هر رقت به اندازه 100 میکرولیتر به کمک پیت سترون برداشته و بر کشتگاه پخش شد. از هر رقت سه تکرار در سه پتری دیش مایه‌زنی شد. سپس پتری دیش‌ها را به گونه وارونه در گرمخانه در دمای 28/2 درجه سلسیوس گذاشته شد. در این بررسی بهترین رقت‌ها برای شمارش قارچ‌ها 10⁻²، همه باکتری‌ها 10⁻⁵ و برای باکتری‌های روده‌ای 10⁻⁴ بود. در کشتگاه EMB پرگنه‌های اشریشاکولی که تخمیرکننده لاکتوز هستند به رنگ سبز با

³ Potato Dextrose Agar

⁴ Nutrient Agar

⁵ Eosin Methylene Blue

¹ Metrohm

² WTW

دیده شدند (صفری سنجانی و همکاران، 1389).

جلای فلزی، باکتری‌های ناتخمیری مانند سالمونلا و شیگلا بیرنگ و دیگر باکتری‌های لاکتوز مثبت ارغوانی

جدول 1- برخی از ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بکاررفته

بافت خاک	گنجایش کشاورزی	شمار باکتری کل	تنفس پایه	pH	رسانندگی الکتریکی	کربن آلی	آهک معادل
لوم	درصد	Log CFU/gr soil	mg CO ₂ /g soil/day		dS/m	درصد	
	26/61	7/88	0/06	6/93	0/14	0/77	9/3

داده پردازی و تجزیه و تحلیل آماری

فراوانی ریزجانداران خاک‌های تیمار شده در هر زمان و در هر تکرار با لگاریتم‌گیری در پایه ده نرمال سازی شد و سپس تجزیه واریانس انجام شد. داده‌های آزمایش در سه بازه زمانی گرماگذاری 90 روزه، به ترتیب 1 تا 7 روز، 7 تا 30 روز و 30 تا 90 روز میانگین‌گیری و سپس داده‌های هر بازه زمانی جداگانه پردازش شد. برای برآورد لگاریتم فراوانی هر گروه میکروبی در خاک در بازه 1 تا 7 روز، از میانگین اندازه‌گیری‌ها در روزهای 1، 3 و 7، برای بازه 7 تا 30 روز از میانگین اندازه‌گیری‌ها در روزهای 7، 15 و 30 و برای بازه 30 تا 90 روز از میانگین اندازه‌گیری‌ها در روزهای 30، 60 و 90 بهره‌گیری شد. آزمون آماری بکاررفته، طرح اسپلیت-فاکتوریل بود که بهساز بکاررفته کرت اصلی و در چهار سطح (گواه، کود گاوی، بیوجار، نانوزئولیت) بوده و گونه پادزیست در چهار سطح (گواه، جنتامایسین، اکسی‌تتراسایکلین، پنی-سیلین) و اندازه کاربرد در سه سطح (50، 100 و 200 میلی‌گرم پادزیست بر کیلوگرم خاک خشک) فاکتورهای آزمایش بودند. چشمگیر بودن ناهمانندی پیامد تیمارهای بکاررفته در پژوهش با بهره‌گیری از آزمون کمترین ناهمانندی چشمگیر در پایه آماری یک درصد آزمون شد. داده‌پردازی با نرم افزار اکسل و همه تجزیه و تحلیل‌های آماری با بهره‌گیری از برنامه آماری SAS 9.1 انجام شد.

نتایج

نشان تیمارها بر قارچ‌های خاک

تجزیه واریانس لگاریتم فراوانی قارچ‌های شمارش شده در هر بازه زمانی نشان داد که پیامد تیمارهای گونه بهساز، گونه پادزیست و اندازه کاربرد پادزیست در بازه‌های زمانی 1-7 روز و 7-30 روز بر شمار قارچ‌های شمارش شده چشمگیر بود. در بازه زمانی سوم گرماگذاری (90-30 روز)، اندازه کاربرد پادزیست پیامد چشمگیری بر شمار قارچ‌های خاک نداشت ولی پیامد برهمکنش بهساز و گونه پادزیست

شناسه پایداری و بازگشت پذیری فراوانی باکتری‌ها و قارچ‌های خاک

در این پژوهش برای برآورد شناسه پایداری اوروین و واردل (2004) از رابطه (1) بهره‌گیری شد، که در آن D_0 ناهمانندی ویژگی بررسی شده میان خاک گواه (C_0) و خاک آلوده شده (P_0) به پادزیست‌ها در پایان دوره بد پیامدی پادزیست (t_0) می‌باشد. این شناسه، با ویژگی اندازه‌گیری شده در تیمار گواه استانداردسازی می‌شود، بنابراین اندازه شناسه پایداری میان -1 و +1 برآورد می‌شود که اندازه +1 نشان می‌دهد که آلودگی و ناهنجاری هیچ پیامد و نشانه‌ای بر ریزجاندار نداشته است و پایداری بیشینه است. هر چه اندازه آن کوچکتر از 1 شود نشان از پایین‌تر بودن توان و پایداری کمتر را نشان می‌دهد (اوروین و واردل، 2004).

$$\text{رابطه (1)} \quad RS(t_0) = 1 - \frac{2|D_0|}{(C_0 + |D_0|)}$$

برای برآورد شناسه بازگشت پذیری فراوانی نیز شناسه‌ی اوروین و واردل (2004) بکار گرفته شد (رابطه 2) که در آن D_0 همانند شناسه پایداری برآورد می‌شود و D_x ناهمانندی میان گواه (C_x) و خاک آلوده شده (P_x) در زمان اندازه‌گیری شناسه بازگشت (t_x) است. این شناسه با دگرش پایانی پدید آمده از آلودگی و ناهنجاری (D_0) استانداردسازی می‌شود. اندازه این شناسه نیز میان -1 و +1 است که اندازه +1 در زمان اندازه‌گیری بازگشت درست یا بازگشت پذیری بیشینه را نشان می‌دهد و اندازه‌های کوچکتر ناتوانی و پایین بودن شناسه بازگشت پذیری در آن زمان را نشان می‌دهند (اوروین و واردل، 2004).

$$\text{رابطه (2)} \quad RL \text{ at } (t_x) \pm \frac{2|D_0|}{(|D_0| + |D_x|)} - 1$$

تتراسایکلین و پنی‌سیلین شد. در بازه زمانی 30-90 روز نیز، کاربرد بهسازها مایه افزایش فراوانی قارچ‌های خاک در برابر تیمارهای گواه گردید و بیشترین افزایش در شمارش فراوانی قارچ‌ها در تیمار کود گاوی دیده شد ولی ناهمانندی چشمگیری میان کاربرد بیوجار و نانوزئولیت دیده نشد (جدول 4).

آزمون میانگین لگاریتم فراوانی قارچ‌های خاک در برهمکنش گونه پادزیست و بهساز بکاررفته در خاک در بازه زمانی 30-7 روز و 30-90 روز نشان داد (جدول 4) که در میان تیمارهای بکاررفته بیشترین لگاریتم فراوانی در تیمارهای کاربرد کود گاوی و گواه (بدون پادزیست) دیده شد (4/19 در روزهای 7-30 و 4/03 در روزهای 30-90) و کمترین آن‌ها در تیمار گواه بهساز و کاربرد پنی‌سیلین (3/64) در روزهای 7-30 و تیمار نانوزئولیت و کاربرد پادزیست جنتامایسین (3/66) در روزهای 30-90 شمارش شد (جدول 4). روهمرفته در میان بهسازها کاربرد کود گاوی پیامد مثبتی بر افزایش شمار فراوانی همه قارچ‌ها در برابر گواه (بدون بهساز) داشت و در میان پادزیست‌ها نیز در روزهای نخستین گرماگذاری، پادزیست پنی‌سیلین بیشترین پیامد منفی را داشت که هر چه زمان نگهداری خاک افزایش یافت، از پیامد بد پادزیست‌ها کاسته شد و با افزایش اندازه کاربرد پادزیست شمار قارچ‌ها نیز بیشتر افزایش یافت (جدول 4).

در بازه 30-7 روز و 30-90 گرماگذاری از دیدگاه آماری چشمگیر بود (جدول 2).

آزمون میانگین لگاریتم فراوانی قارچ‌های خاک در بازه زمانی 1 تا 7 روز در تیمارهای بهساز، گونه پادزیست و اندازه کاربرد آن به گونه جداگانه در جدول 3 آورده شده است. همانگونه که دیده می‌شود در این زمان بهساز کود گاوی بیشترین لگاریتم فراوانی قارچی را دارد (4/04) که از دیدگاه آماری ناهمانندی چشمگیری با آن در کاربرد بیوجار (3/91) ندارد و کمترین اندازه فراوانی همه قارچ‌ها نیز در تیمار گواه دیده می‌شود (3/79). پادزیست‌ها پیامد بدی بر شمار قارچ‌ها داشتند و پادزیست جنتامایسین بیشترین پیامد منفی را داشت و اندازه کاربرد 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم پادزیست نیز مایه کاهش چشمگیر شمار فراوانی همه قارچ‌ها در برابر اندازه 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم شد (جدول 3).

کمترین لگاریتم فراوانی در تیمارهای کاربرد پادزیست پنی‌سیلین دیده شد، اما کاربرد بهسازها مایه افزایش فراوانی قارچ‌ها در خاک در پی کاربرد پادزیست در برابر گواه (بدون پادزیست) شد. کاربرد بهساز کود گاوی در خاک در بازه 30-7 روز گرماگذاری مایه افزایش 2/69، 2/71، 7/23 و 10/4 درصدی فراوانی قارچ‌ها در برابر تیمار بدون بهساز در تیمارهای بدون پادزیست و کاربرد پادزیست‌های جنتامایسین، اکسی-

جدول 2- تجزیه واریانس لگاریتم فراوانی ریزجانداران شمارش شده در زمان‌های گوناگون در تیمارهای گونه پادزیست و اندازه کاربرد آن در خاک‌های تیمار شده با بهسازهای گوناگون

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		همه قارچ‌ها			همه باکتری‌ها			باکتری‌های روده ای		
		بازه 7-1 روز	بازه 7- روز	بازه 30-90 روز	بازه 7-1 روز	بازه 7- روز	بازه 30-90 روز	بازه 7-1 روز	بازه 7- روز	بازه 30-90 روز
بلوک (R)	2	0/102ns	0/225**	0/015ns	0/62ns	0/032**	0/018**	1/515**	0/002ns	0/013**
بهباز (A)	3	0/427**	0/356**	0/312**	1/03*	0/122**	0/163**	1/127**	0/271**	0/110**
R*A	6	0/038ns	0/098*	0/011ns	0/36ns	0/004ns	0/001ns	0/132ns	0/002ns	0/001ns
پادزیست (B)	3	0/450**	0/589**	0/081**	93/24**	1/507**	0/088**	14/39**	0/967**	0/077**
اندازه کاربرد (C)	2	0/194*	0/149*	0/028ns	32/39**	0/015*	0/032**	21/15**	0/003ns	0/037**
A*B	9	0/059ns	0/073*	0/051**	0/27ns	0/008*	0/004**	0/101ns	0/008ns	0/004**
A*C	6	0/085ns	0/070ns	0/012ns	0/22ns	0/002ns	0/003*	0/178ns	0/006ns	0/003ns
B*C	6	0/066ns	0/075ns	0/018ns	11/35**	0/040**	0/012**	12/77**	0/024**	0/017**
A*B*C	18	0/040ns	0/037ns	0/011ns	0/34ns	0/003ns	0/005**	0/314ns	0/011*	0/004**
خطا	88	4/75	3/26	1/27	33/35	0/29	0/106	17/77	0/528	0/146
ضریب تغییرات	-	5/96	4/82	3/11	9/07	0/72	0/42	9/11	1/16	0/58

* و ** به ترتیب نشان دهنده ناهمانندی چشمگیر از دیدگاه آماری در پایه پنج درصد، یک درصد و ns بدون ناهمانندی چشمگیر

جدول 3- آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه قارچها در تیمارهای گونه بهساز، گونه پادزیست و اندازه بکاررفته آن در خاک در بازه زمانی 1-7 روز

فرآوانی همه قارچها	فرآوانی همه قارچها	فرآوانی همه قارچها	گونه بهساز
اندازه کاربرد	گونه پادزیست	فرآوانی همه قارچها	گونه بهساز
3/91 ± 0/09a	50 میلی گرم بر کیلوگرم	4/04 ± 0/08a	گواه
3/94 ± 0/08a	100 میلی گرم بر کیلوگرم	3/77 ± 0/09b	جنتامایسین
3/82 ± 0/06b	200 میلی گرم بر کیلوگرم	3/89 ± 0/11b	اکسی تتراسایکلین
		3/83 ± 0/08b	پنی سیلین

میانگینهای دارای حروف یکسان در هر ستون ناهمانندی چشمگیری در پایه آماری یک درصد ندارند.

جدول 4- آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه قارچها در برهمکنش گونه پادزیست و بهساز بکاررفته در خاک در بازه های زمانی 30-7 و 30 تا 90 روز و آزمون میانگین لگاریتم همه باکتریهای خاک در بازه زمانی 30-7 روز

همه باکتریها		همه قارچها (log CFU/gr soil)		پادزیست	بهبساز
بازه 30-7 روز	بازه 90-30 روز	بازه 30-7 روز	بازه 30-7 روز		
8/27 ± 0/05e	3/91 ± 0/06f	4/08 ± 0/06e	4/08 ± 0/06e	گواه	گواه
7/93 ± 0/07g	3/82 ± 0/21k	4/05 ± 0/19f	4/05 ± 0/19f	جنتامایسین	
7/81 ± 0/08j	3/73 ± 0/11l	3/87 ± 0/52l	3/87 ± 0/52l	اکسی تتراسایکلین	
7/81 ± 0/07j	3/67 ± 0/15m	3/64 ± 0/40o	3/64 ± 0/40o	پنی سیلین	
8/35 ± 0/01b	4/03 ± 0/06a	4/19 ± 0/07a	4/19 ± 0/07a	گواه	کود گاوی
9/09 ± 0/09a	4/00 ± 0/14b	4/16 ± 0/13b	4/16 ± 0/13b	جنتامایسین	
8/03 ± 9/11f	3/96 ± 0/16d	4/15 ± 0/12c	4/15 ± 0/12c	اکسی تتراسایکلین	
7/92 ± 0/06g	3/99 ± 0/08c	4/02 ± 0/09g	4/02 ± 0/09g	پنی سیلین	
8/33 ± 0/01c	3/92 ± 0/00e	4/01 ± 0/07h	4/01 ± 0/07h	گواه	بیوچار
8/05 ± 0/11f	3/88 ± 0/21g	4/08 ± 0/17e	4/08 ± 0/17e	جنتامایسین	
7/92 ± 0/06g	3/77 ± 0/07h	3/97 ± 0/07j	3/97 ± 0/07j	اکسی تتراسایکلین	
7/89 ± 0/07h	3/85 ± 0/08j	3/66 ± 0/41n	3/66 ± 0/41n	پنی سیلین	
8/31 ± 0/03d	3/87 ± 0/02h	3/99 ± 0/09i	3/99 ± 0/09i	گواه	نانوزئولیت
8/03 ± 0/08f	3/66 ± 0/11i	3/94 ± 0/12k	3/94 ± 0/12k	جنتامایسین	
7/87 ± 0/03i	3/85 ± 0/08j	4/10 ± 0/06d	4/10 ± 0/06d	اکسی تتراسایکلین	
7/83 ± 0/11j	3/85 ± 0/09j	3/85 ± 0/12m	3/85 ± 0/12m	پنی سیلین	

میانگینهای دارای حروف یکسان ناهمانندی چشمگیری در پایه آماری یک درصد ندارند.

و برهمکنش سه گانه تیمارها تنها در بازه زمانی 30-90 روز پیامد چشمگیری بر فراوانی همه باکتریهای خاک داشتند. در برابر آن پیامد برهمکنش پادزیست و اندازه کاربرد بر شمارش همه باکتریها در هر سه بازه زمانی از دیدگاه آماری چشمگیر بود ($P < 0.01$; جدول 2).

کاربرد پادزیست جنتامایسین بیشترین پیامد منفی بر لگاریتم فراوانی همه باکتریهای خاک در بازه زمانی 1-7 روز داشت و با افزایش اندازه کاربرد

نشان تیمارها بر همه باکتریهای خاک

تجزیه واریانس نشان داد که پیامد گونه بهساز، گونه پادزیست و اندازه کاربرد آنها در هر سه بازه زمانی پژوهش بر لگاریتم فراوانی همه باکتریهای خاک از دیدگاه آماری چشمگیر بود. نشانهی برهمکنش گونه پادزیست و اندازه کاربرد بر فراوانی همه باکتریهای خاک تنها در بازه زمانی 1-7 روز از دیدگاه آماری چشمگیر نشد. برهمکنش گونه بهساز و اندازه کاربرد پادزیست

بازدارندگی آن کمتر از پادزیست جنتامایسین بود، به گونه‌ای که اندازه کاهش فراوانی همه باکتری‌ها در غلظت‌های 50، 100 و 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در برابر خاک گواه (بدون پادزیست) به ترتیب 9/5، 18/8 و 39/7 درصد بود (جدول 5).

در بازه 7-30 روز، فراوانی همه باکتری‌ها در تیمارهای کاربرد پادزیست به گونه چشمگیری افزایش پیدا کرد که اندازه افزایش برای پادزیست جنتامایسین و اکسی‌تتراسایکلین، بویژه در اندازه‌های بیشتر کاربرد بالاتر بود، در برابر آن، در کاربرد پادزیست پنی‌سیلین افزایش چشمگیری در فراوانی همه باکتری‌ها در بازه 7-30 روز در برابر بازه 7-1 روز دیده نشد (جدول 5).

جنتامایسین، فراوانی همه باکتری‌های خاک به گونه چشمگیری کاهش پیدا کرد و اندازه کاهش برای اندازه‌های کاربرد 50، 100 و 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به ترتیب 21/3، 41/4 و 68/6 درصد بود که بیشترین پیامد بازدارندگی بر رشد همه باکتری‌ها را در میان پادزیست‌های به کار برده شده داشت. ناهمانندی چشمگیری میان کاربرد اندازه‌های گوناگون پادزیست پنی‌سیلین بر شمارش همه باکتری‌ها دیده نشد و هتا در اندازه 100 میلی‌گرم بر کیلوگرم مایه افزایش فراوانی همه باکتری‌ها در برابر اندازه 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک گردید. افزایش اندازه کاربرد اکسی‌تتراسایکلین نیز پیامد منفی بر شمارش همه باکتری‌ها در بازه 7-1 روز داشت، اما پیامد

جدول 5- آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای در خاک در برهمکنش گونه پادزیست و بهساز بکاررفته در خاک برای بازه‌های 7-1 و 30-7 روزه

گونه پادزیست	اندازه کاربرد (mg/kg)	همه باکتری‌ها (log CFU/gr soil)		
		بازه 7-1 روز	بازه 30-7 روز	بازه 7-1 روز
گواه	-	6/88 ± 0/080a	8/32 ± 0/042a	8/31 ± 0/049a
	50	2/47 ± 0/727g	7/98 ± 0/063c	6/54 ± 1/057g
	100	2/19 ± 0/035i	7/96 ± 0/084d	4/87 ± 0/724i
جنتامایسین	200	2/37 ± 0/517h	8/13 ± 0/070b	2/61 ± 0/018j
	50	6/30 ± 0/082c	7/92 ± 0/099f	7/52 ± 0/094e
	100	4/84 ± 0/863f	7/91 ± 0/146g	6/75 ± 1/077f
اکسی‌تتراسایکلین	200	2/03 ± 0/051j	7/90 ± 0/092h	5/01 ± 1/284h
	50	6/44 ± 0/082b	7/92 ± 0/062e	7/72 ± 0/206c
	100	6/24 ± 0/570d	7/85 ± 0/108i	7/75 ± 0/059b
پنی‌سیلین	200	5/57 ± 1/030e	7/82 ± 0/060j	7/66 ± 0/067d

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون ناهمانندی چشمگیری در پایه آماری یک درصد ندارند.

در بازه زمانی 30-90 روز نیز، همان‌گونه که در جدول 6 دیده می‌شود، کاربرد بهسازهای کود گاوی و پس از آن بیوچار مایه افزایش فراوانی همه باکتری‌ها شمارش شده در خاک در تیمارهای گوناگون پادزیست شده است. هم در خاک دارای بیوچار و هم در کود گاوی، پادزیست اکسی‌تتراسایکلین در همه اندازه‌ها و جنتامایسین در اندازه‌های 100 و 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک دارای بیشترین فراوانی باکتری بودند (جدول 6).

آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه باکتری‌های خاک در بازه زمانی 7 تا 30 روز در تیمارهای برهمکنش پیامد گونه پادزیست و بهساز بکاررفته در خاک (جدول 4) نشان داد که در همه تیمارهای کاربرد پادزیست، بهره‌گیری از بهسازها مایه افزایش فراوانی همه باکتری‌ها در خاک شده است و بیشترین اندازه فراوانی باکتری‌های خاک در بهسازهای کود گاوی، بیوچار و نانوزئولیت در بازه 7-30 روز با شگفتی در کاربرد پادزیست جنتامایسین دیده شد و ناهمانندی چشمگیری میان بهسازهای بیوچار و نانوزئولیت دیده نشد.

جدول 6- آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه باکتری های خاک و باکتری های روده ای خاک در برهمکنش گونه پادزیست و اندازه کاربرد آن در خاک در بازه های زمانی 30-7 و 90-30 روزه

بهبساز	گونه پادزیست	اندازه کاربرد (mg/kg)	بافتوری های روده ای (log CFU/gr soil)	
			بازه 30-7 روز	بازه 90-30 روز
	گواه	-	6/69±0/09j	8/10 ±0/03v
	جنتامایسین	50	6/63 ±0/01n	8/18 ±0/01q
		100	6/55 ±0/04p	8/15 ±0/03u
	گواه	200	6/63 ±0/01n	8/24 ±0/01n
		50	6/48 ±0/02s	8/17 ±0/03s
	اکسی تتراسایکلین	100	6/54 ±0/01p	8/28 ±0/04k
		200	6/45 ±0/08u	8/26 ±0/04m
	پنی سیلین	50	6/30 ±0/07y	8/14 ±0/03t
		100	6/18 ±0/10z	8/15 ±0/02t
	گواه	200	6/39 ±0/11y	8/26 ±0/01m
		-	6/90 ±0/02j	8/22 ±0/01n
	جنتامایسین	50	6/78 ±0/00e	8/26 ±0/02m
		100	6/82 ±0/04c	8/34 ±0/01g
	کود گاوی	200	6/85 ±0/03b	8/37 ±0/03d
		50	6/74 ±0/01h	8/39 ±0/03c
	اکسی تتراسایکلین	100	6/66 ±0/06k	8/38 ±0/00b
		200	6/63 ±0/09n	8/40 ±0/03a
	پنی سیلین	50	6/47 ±0/12t	8/24 ±0/03n
		100	6/49 ±0/10q	8/26 ±0/03m
	گواه	200	6/46 ±0/10u	8/36 ±0/00e
		-	6/83 ±0/02m	8/22 ±0/04n
	جنتامایسین	50	6/77 ±0/02f	8/24 ±0/02n
		100	6/70 ±0/04	8/35 ±0/01f
	بیوچار	200	6/79 ±0/01d	8/36 ±0/05e
		50	6/74 ±0/03h	8/31 ±0/00i
	اکسی تتراسایکلین	100	6/63 ±0/10n	8/31 ±0/05i
		200	6/49 ±0/06q	8/29 ±0/12j
	پنی سیلین	50	6/45 ±0/08v	8/18 ±0/02q
		100	6/53 ±0/04p	8/32 ±0/03h
	گواه	200	6/43 ±0/13w	8/32 ±0/02h
		-	6/85 ±0/02i	8/13 ±0/05u
	جنتامایسین	50	6/65 ±0/02m	8/12 ±0/01u
		100	6/72 ±0/05i	8/14 ±0/02t
	نانوزئولیت	200	6/82 ±0/02c	8/27 ±0/00i
		50	6/67 ±0/01i	8/21 ±0/04o
	اکسی تتراسایکلین	100	6/53 ±0/04p	8/29 ±0/06j
		200	6/53 ±0/14p	8/15 ±0/05t
	پنی سیلین	50	6/44 ±0/09w	8/21 ±0/08o
		100	6/59 ±0/06o	8/16 ±0/02t
	-	200	6/41 ±0/08x	8/19 ±0/04p

میانگین های دارای حروف یکسان در هر ستون ناهمبندی چشمگیری در پایه آماری یک درصد ندارند.

نشان تیمارها بر باکتری های روده ای

روده ای خاک داشتند ($P < 0.01$; جدول 2). در دومین و سومین بازه زمانی (30-7 و 90-30 روز) نیز پیامد تیمارهای به کار رفته و همچنین برهمکنش سه گانه بهساز، گونه پادزیست و اندازه کاربرد بر شمارش

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که در نخستین بازه زمانی بررسی شده (7-1 روز)، تیمارهای بهساز، گونه پادزیست، اندازه کاربرد و برهمکنش گونه پادزیست و اندازه کاربرد پیامد چشمگیری بر لگاریتم فراوانی

آزمون میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای خاک در بازه زمانی 1 تا 7 روز در تیمارهای بهساز در جدول 7 آورده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، در این زمان خاک دارای بهساز کود گاوی بیشترین فراوانی باکتری‌های روده‌ای را دارد. از دیدگاه آماری میان تیمارهای کاربرد بیوچار و نانوزئولیت ناهمانندی چشمگیری دیده نمی‌شود، ولی خاک دارای نانوزئولیت کمترین فراوانی باکتری‌های روده‌ای را داشت (جدول 7).

باکتری‌های روده‌ای از دیدگاه آماری چشمگیر بود (جدول 2). نشان پادزیست‌های بکاررفته بر این گروه از ریزجانداران به اندازه‌ای بزرگ بوده است که برهم‌کنش تیمارهای بهساز و اندازه پادزیست در هیچ بازه زمانی از دیدگاه آماری چشم‌گیر نبود و در برابر آن پیامد برهم‌کنش پادزیست و اندازه کاربرد آن بر این گروه از باکتری‌ها همانند آنچه در بررسی همه باکتری‌ها (و نه قارچ‌ها) دیده شد، در هر سه بازه زمانی چشم‌گیر بود. این بار دیگر آشکار می‌سازد که باکتری‌ها و بویژه باکتری‌های روده‌ای خاک تا چه اندازه به کاربرد پادزیست‌ها پاسخ‌دهنده هستند.

جدول 7- آزمون میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک در تیمار بهساز در بازه زمانی 1-7 روز

بهبساز			
گواه	کود گاوی	بیوچار	نانوزئولیت
4/96 ± 0/028ab	5/16 ± 0/017a	4/80 ± 0/090b	4/78 ± 0/059b

لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای میانگین‌های دارای حروف یکسان ناهمانندی چشمگیری در پایه آماری یک درصد ندارند.

پیدا کرد و بیشترین افزایش فراوانی این گروه باکتریایی همانند قارچ‌ها و همه باکتری‌های خاک در تیمارهای کاربرد کود گاوی و سپس بیوچار دیده شد. در همه تیمارهای کاربرد بهساز، با شگفتی پادزیست جتتامایسین در همه غلظت‌ها دارای بیشترین فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک بود که ناهمانندی چشمگیری با تیمارهای گواه (بدون کاربرد پادزیست) نداشتند و کمترین فراوانی باکتری‌های روده‌ای نیز با کاربرد پادزیست پنی‌سیلین دیده شد (جدول 5). در بازه 30-90 روز نیز، یافته‌ها همانند با بازه 7-30 روز بود، با این ناهمانندی که در این بازه زمانی، تیمارهای کاربرد پادزیست اکسی‌تتراسایکلین همراه با بهسازهای کود گاوی و نانوزئولیت دارای بیشترین فراوانی باکتری بودند. تیمارهای بهره‌گیری از بهساز کود گاوی و پادزیست‌های جتتامایسین و اکسی‌تتراسایکلین در اندازه‌های کاربرد 100 و 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین اندازه لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای را داشتند و ناهمانندی چشمگیری میان آنها دیده نشد (جدول 6).

شناسه‌های پایداری و بازگشت پذیری فراوانی باکتری‌ها و قارچ‌های بررسی شده در خاک

برآورد و بررسی شناسه پایداری ریزجانداران شمارش شده در برابر پادزیست‌ها در خاک‌های تیمار شده با بهسازهای گوناگون در دوره گرماگذاری 90 روزه، نشان داد که کاربرد بهسازها به گونه چشمگیری مایه

یافته‌های آزمون میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک در برهم‌کنش پیامد گونه پادزیست و اندازه بکاررفته آن در خاک در بازه 1-7 روز (جدول 5) نشان داد که کاربرد پادزیست‌ها به گونه چشم‌گیری فراوانی این گروه باکتری‌ها را در خاک کاهش داد و کمترین اندازه فراوانی برای هر سه پادزیست بکار رفته در اندازه 100 میلی‌گرم جتتامایسین بر کیلوگرم خاک دیده شد (2/19). در میان تیمارها بیشترین اندازه کاهش فراوانی این گروه از باکتری‌ها در کاربرد پادزیست جتتامایسین در اندازه‌های 100 و 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم دیده شد، و بیشترین اندازه بکاررفته از پادزیست اکسی‌تتراسایکلین نیز کمترین اندازه فراوانی باکتری‌های روده‌ای را داشت که این کاهش به اندازه 70/5 درصد در برابر گواه (بدون پادزیست) بود. در برابر آنها اندازه کاهش برای پادزیست پنی‌سیلین اندک بود و در اندازه کاربرد 200 میلی‌گرم پنی‌سیلین بر کیلوگرم خاک به 19/04 درصد رسید که نمایانگر بازدارندگی کمتر پادزیست پنی‌سیلین بر فراوانی و رشد باکتری‌های روده‌ای در برابر پادزیست‌های جتتامایسین و اکسی‌تتراسایکلین است (جدول 5).

در بازه‌های 7-30 روز و 90-30 روز یافته‌های آزمون میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک در برهم‌کنش سه‌گانه تیمارها نشان داد که فراوانی باکتری‌های روده‌ای در خاک با کاربرد بهسازها افزایش

جنتامایسین گردید و اندازه بازگشت را تا نزدیک 100 درصد افزایش داد و بهساز نانوزئولیت کارایی بیشتری در این تیمارها داشت. کمترین اندازه بازگشت پذیری فراوانی همه باکتری‌های خاک در تیمارهای پادزیست اکسی-تراسایکلین و برای باکتری‌های روده‌ای در تیمار پادزیست پنی‌سیلین دیده شد (نمودارهای 2-د و 2-و). یافته‌ها نشان می‌دهند که همه قارچ‌های خاک بازگشت میانه‌ای را پس از کاربرد پادزیست‌ها در اندازه‌های گوناگون داشتند و بیشترین اندازه بازگشت در اندازه کاربرد 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم جنتامایسین و پنی‌سیلین به دست آمد (نمودار 2-الف). همه باکتری‌ها در تیمارهای پادزیست جنتامایسین و در اندازه‌های 100 و 200 میلی-گرم بر کیلوگرم بیشینه بازگشت (100%) را از خود نشان دادند، در برابر آن بازگشت در غلظت 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم اکسی‌تراسایکلین و پنی‌سیلین میان 50 و 60 درصد بود (نمودار 2-ج). باکتری‌های روده‌ای نیز بازگشت بیش از 90 درصدی در تیمارهای کاربرد پادزیست جنتامایسین نشان دادند و اندازه بازگشت این گروه از باکتری‌ها در تیمارهای پادزیست تراسایکلین بیشتر از همه باکتری‌ها بود. به هر گونه این گروه، کمترین اندازه بازگشت پذیری فراوانی را در کاربرد پادزیست پنی‌سیلین نشان دادند (نمودار 2-ه).

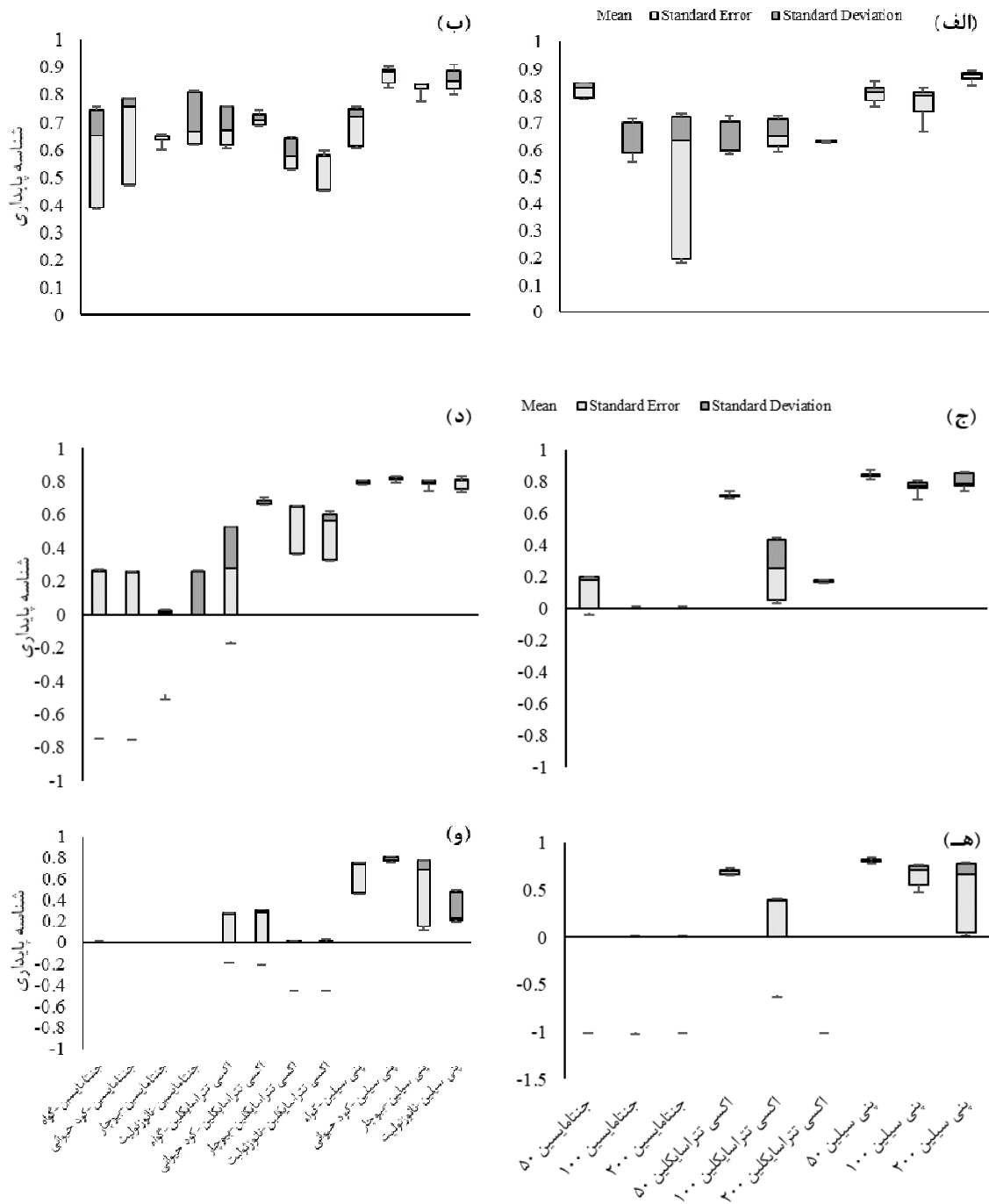
بحث

بهره‌گیری از بهسازها مایه افزایش فراوانی گروه‌های گوناگون ریزجانداران در خاک و شناسه‌های پایداری و بازگشت پذیری آنها در برابر گواه بدون بهساز، در زمان گرماگذاری شدند. بهسازهای آلی (بیوچار و کود گاوی) افزون بر بهبود ویژگی‌های خاک کم یا بیش دارای اندازه‌های از ماده آلی هستند و از این رو توانایی برانگیختن ریزجانداران خاک را دارا هستند (آملوت و همکاران، 2015). به هر گونه کانگ و همکاران (2018) و اشمیت و همکاران (2004) گزارش کردند که رسیدن پادزیست‌ها به خاک پیامد ناخواسته‌ای بر ریزجانداران دارد. یه و همکاران (2019) کاهش پیامد بد پادزیست‌ها بر ریزجانداران خاک و کارکرد آنها را وابسته به جذب فیزیکوشیمیایی پادزیست‌ها بر رویه بهسازها دانستند. به سخن دیگر، کاهش پادزیست‌های محلول در آب مایه کمتر شدن پیامد زهری آنها روی ریزجانداران و در پی آن افزایش پایداری آنها در برابر پادزیست‌های خاک می‌شود.

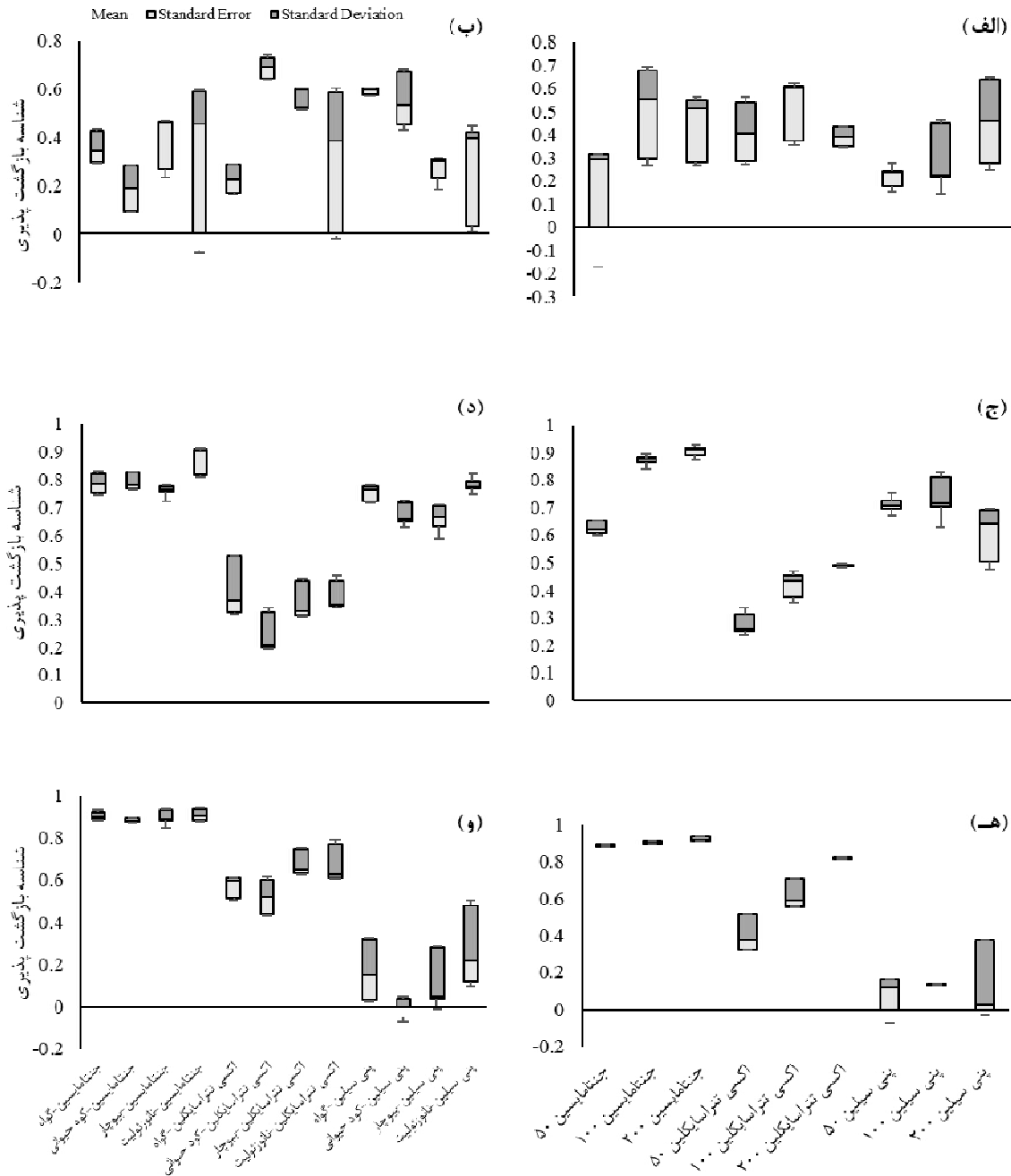
افزایش پایداری گروه‌های گوناگون ریزجانداران در برابر پادزیست‌های گوناگون شد (نمودار 1) و کاربرد بهسازها پیامد بد پادزیست‌ها بر همه قارچ‌های خاک، همه باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای را کاستند. بهساز کود گاوی بیشترین پیامد بر افزایش پایداری ریزجانداران داشت و پس از آن بیوچار و نانوزئولیت بود. به هر گونه، با نگرش به پاسخدهی بالای باکتری‌های روده‌ای به پادزیست‌های جنتامایسین، کاربرد بهسازها کارایی چندانی در بهبود شناسه پایداری این گروه باکتریایی در خاک‌های با کاربرد جنتامایسین و اندازه‌های بالای کاربرد اکسی‌تراسایکلین نداشت (نمودارهای 1-ب، 1-د و 1-و). یافته‌های این بخش از پژوهش نشان داد که قارچ‌ها پایداری بالایی در برابر آلودگی خاک با پادزیست‌های بکاررفته داشتند و بیشترین پایداری را نیز در برابر کاربرد پادزیست پنی‌سیلین در غلظت‌های گوناگون نشان دادند. به هر گونه، افزایش اندازه کاربرد پادزیست‌های جنتامایسین و اکسی‌تراسایکلین مایه کاهش پایداری این گروه از ریزجانداران نیز گردید (نمودار 1-الف). همه باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای پاسخدهی بالایی به پادزیست‌های جنتامایسین و اکسی‌تراسایکلین به ویژه در اندازه‌های کاربرد بالا نشان دادند و پایداری این گونه‌ها بسیار کاهش پیدا کرد و پیامد بازدازننده بزرگی بر آنها داشتند. همه باکتری‌های خاک پاسخدهی کمتری به کاربرد پادزیست پنی‌سیلین در برابر باکتری‌های روده‌ای از خود نشان دادند و با افزایش اندازه کاربرد پادزیست پنی‌سیلین، بر بزرگی پیامد بد بر این گروه ریزجانداران افزوده شد و کمترین اندازه پایداری در اندازه کاربرد 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم دیده شد (نمودارهای 1-ج و 1-ه).

شناسه بازگشت پذیری فراوانی همه قارچ‌های خاک، همه باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای در بازیابی ساختار نخستین خود به دنبال کاربرد پادزیست‌ها در اندازه‌های گوناگون در خاک‌های دارای بهسازهای گوناگون در نمودار 2 آورده شده است. همانگونه که دیده می‌شود کاربرد بهسازها مایه بهبود شناسه بازگشت پذیری فراوانی ریزجانداران بررسی شده گردید. برپایه نمودار 2-ب، کاربرد بهساز نانوزئولیت مایه بهبود بازگشت پذیری فراوانی قارچ‌های خاک در تیمارهای کاربرد پادزیست جنتامایسین گردید، در برابر آن کود گاوی کارایی بیشتری در بالا بردن بازگشت پذیری فراوانی قارچ‌ها در تیمارهای پادزیست اکسی‌تراسایکلین و پنی‌سیلین داشت.

کاربرد بهسازها مایه افزایش چشمگیر بازگشت پذیری فراوانی همه باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای در تیمارهای



نمودار 1- شناسه پایداری ریزجانداران (الف، ب) همه قارچ‌های خاک، (ج، د) همه باکتری‌ها، (ه، و) باکتری‌های روده‌ای، به ترتیب، در برهمکنش گونه پادزیست و اندازه بکاررفته آن و برهمکنش گونه پادزیست و بهساز بکاررفته در خاک در زمان گرماگذاری 90 روز (50: 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم، 100: 100 میلی‌گرم بر کیلوگرم و 200: 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم پادزیست بکار رفته در خاک)



نمودار 2- شناسه بازگشت پذیری فراوانی (الف، ب) همه قارچ های خاک، (ج، د) همه باکتری ها، (ه و) باکتری های روده ای، به ترتیب، در برهمکنش گونه پادزیست و اندازه بکاررفته آن و برهمکنش گونه پادزیست و بهساز بکاررفته در خاک در زمان گرماگذاری 90 روز (50: 50 میلی گرم بر کیلوگرم، 100: 100 میلی گرم بر کیلوگرم و 200: 200 میلی گرم بر کیلوگرم پادزیست بکار رفته در خاک)

و ساختارهای نانولوله ای آن پس از پیرولیز باشد (لهمان و همکاران، 2011). جیائو و همکاران (2018) دریافتند که

کارکرد بهساز آلی بیوجار در کاهش پیامد زهری پادزیست نیز می تواند وابسته به گنجایش بالاتر نگهداری آب (دوآن و همکاران، 2017؛ جیائو و همکاران، 2018)

90-30 از دیدگاه آماری چشم‌گیر بود. بهساز بکاررفته در خاک مایه افزایش فراوانی همه قارچ‌ها در خاک گردید و بیشترین افزایش در تیمارهای بهسازهای آلی (کود گاوی و بیوجار) دیده شد. پژوهش‌های گوناگون نشان داده اند که افزودن ترکیب های آلی مایه برانگیختگی کارکرد ریزجانداران خاک مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها از راه افزایش منابع غذایی آنها و بهبود ویژگی‌های خاک می‌شود (مکنی-تیلی و همکاران، 2013).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که کاربرد پادزیست‌ها در خاک، بویژه جنتامایسین و اکسی-تتراسایکلین، پیامد زهری چشمگیری بر فراوانی همه باکتری‌های خاک و باکتری‌های روده‌ای داشتند. یافته‌های پژوهشگران دیگر نیز نشان از پیامد بد پادزیست‌های رسیده به خاک دارد. آکیمکو و همکاران (2017) گزارش نمودند که آلودگی خاک با پادزیست‌ها فراوانی همه باکتری‌های خاک را کاهش داد. در این پژوهش، پادزیست جنتامایسین پیامد منفی و بد چشمگیری بر جمعیت گروه‌های میکروبی در خاک داشت که می‌توان به فراوانی بالاتر ژن‌های پایداری پادزیستی به تتراسایکلین‌ها در محیط در برابر ژن‌های پایداری به آمینوگلیکوزیدها و مکانیسم عمل متفاوت آن‌ها نسبت داد (ریزنفلد و همکاران، 2004؛ کادنا و همکاران، 2018). سینگر و هوفاکر (2006) نیز گزارش نمودند که کاربرد بی‌رویه پادزیست‌هایی مانند تتراسایکلین‌ها و پنی‌سیلین‌ها در دامپروری‌ها مایه افزایش پایداری به این پادزیست‌ها شده است. یونسی و صفری سنجانی (1396a) در بررسی پایداری پازیستی از توباکترها، انتروباکترها و سودوموناس-های خاک به هفت پادزیست آموکسی‌سیلین، آمپی‌سیلین، تتراسایکلین، داکسی‌سایکلین، ونکومایسین، استرپتومایسین و جنتامایسین گزارش کردند که آنها بیشترین پاسخدهی را به جنتامایسین و بیشترین پایداری را به استرپتومایسین و داکسی‌سایکلین داشتند.

گائو و همکاران (2013) نیز نشان دادند که پادزیست‌ها فراوانی همه باکتری‌های خاک از روز نخست تا روز هفتم کاهش دادند که پس از آن افزایش پیدا کرده و در روز سی‌ام به بیشترین اندازه خود رسید که با یافته‌های این پژوهش همخوانی دارد. باکتری‌ها خاک نقش بسیار برجسته‌ای در برخی فرآیندهای بوم‌ساز-ای مانند چرخه بیوژئوشیمیایی عناصر خوراکی، ویژگی‌های ساختمانی و هیدرولیکی خاک و جریان انرژی دارند و پاسخ‌دهنده‌ترین گروه به پادزیست‌ها هستند (دینگ و همکاران، 2014). یافته‌ها نشان داد که پادزیست پنی‌سیلین پیامد منفی کمتری بر فراوانی باکتری‌های روده‌ای و

بیوجار در مهار پیامد زهری پادزیست‌ها کارایی ویژه داشته است.

اگر چه در خاک‌های بدون پادزیست تیمار خاک با نانوزئولیت گاهی پیامد بدی بر ریزجانداران داشت ولی بهساز نانوزئولیت نیز کارایی خوبی در بالا بردن پایداری و بازگشت پذیری فراوانی و همچنین رشد ریزجانداران در خاک‌های تیمار شده با پادزیست‌ها داشت. نانوزئولیت‌ها یکی از بزرگ‌ترین نگهدارنده‌های کاتیونی هستند و گنجایش تبادل درونی 2 تا 3 برابر بزرگ‌تر از دیگر کانی‌های یافت شده در خاک‌ها دارد. نانوزئولیت‌ها با سوراخ‌های ریزشان برای جذب مولکول‌ها در فشار و غلظت پایین، جاذب‌های توانایی هستند (چیو و لی، 2002). آنها نیز توانسته اند پادزیست پنی‌سیلین از دسته بتالاتام‌ها با چندین گروه عاملی یونیزه شونده (کائوری و همکاران، 2011) را به گونه کارآمدی جذب نموده و از پیامد بد آن بر گروه‌های ریزجانداران بکاهد.

در این پژوهش فراوانی قارچ‌ها در بازه 30-90 روز گرماگذاری در برابر بازه 7-30 روز به گونه چشم‌گیری کاهش پیدا کرد. کاهش فراوانی قارچ می‌تواند وابسته به افزایش فراوانی دیگر گروه‌های باکتریایی در بازه 7-30 روز و برهمکنش زیانبار باکتری‌ها بویژه از راه آنتی‌بیوزین¹ و رقابت با قارچ‌ها باشد (آکیمکو و همکاران، 2017). در روزهای آغازین گرماگذاری، افزایش فراوانی قارچ می‌تواند پیامدی از کاهش برهم‌کنش آن‌ها با باکتری‌ها و کاراسازی آشیانه اکولوژیکی قارچ‌ها در خاک باشد (آکیمکو و همکاران، 2017). قارچ‌ها پایداری بالایی در برابر آلودگی خاک با پادزیست‌های گوناگون داشتند و بیشترین پایداری را نیز در برابر کاربرد پادزیست پنی‌سیلین در غلظت های گوناگون نشان دادند. به هر گونه، افزایش اندازه کاربرد پادزیست‌های جنتامایسین و اکسی‌تتراسایکلین مایه کاهش پایداری این گروه میکروبی گردید. پایداری بالای قارچ‌ها به پادزیست‌ها می‌تواند با توانایی بالای آنزیمی در قارچ‌ها که سازنده‌های آنزیم‌های گوناگون در خاک (هامسفار و همکاران، 2011؛ دینگ و همکاران، 2014) هستند، و بهره‌گیری از پادزیست‌ها همانند خاستگاه کربن آلی (داناس و همکاران، 2008) وابسته باشد. از سوی دیگر برخی از آنها توانایی ساخت پادزیست‌های چون پنی‌سیلین‌ها (ناداو و همکاران، 2018) را دارند. به هر گونه پیامد پادزیست و بهساز بکاررفته در خاک بر فراوانی همه قارچ‌های خاک در بازه 7-30 روز و

¹ Antibiosis

بخشیده و توان پایداری ریزجانداران را در برابر پادزیست‌ها، هتا در اندازه‌های بالا را افزایش داد. همچنین برپایه یافته‌ها، پاسخ‌دهی ریزجانداران به پادزیست‌های گوناگون ناهمانند بود، به گونه‌ای که پادزیست پنی‌سیلین پیامد بد چندانی بر فراوانی ریزجانداران خاک نداشت، جتتامایسین در همه اندازه‌های بکاررفته و اکسی-تتراسایکلین در اندازه کاربرد بالا پیامد چشمگیری بر فراوانی قارچ‌ها، همه باکتری‌ها و باکتری‌های روده‌ای داشتند و همه باکتری‌ها و بویژه باکتری‌های روده‌ای خاک پاسخ نمایان‌تری به کاربرد پادزیست‌ها در خاک داشتند. روهمرفته پیامدهای پادزیست‌ها بر ریزجانداران خاک به گونه بهساز در خاک، گونه و اندازه پادزیست بکاررفته و زمان کاربرد بستگی دارد. کاربرد بهسازها بویژه کود گاوی و زغال آن می‌تواند از پیامد زهری آنها کاسته و مایه افزایش شناسه‌های پایداری و بازگشت پذیری فراوانی ریزجانداران در خاک گردد.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه بوعلی سینا برای فراهم کردن هزینه‌های پژوهش و از زحمات و یاری سرکار خانم عشرتی در انجام آزمایش‌ها سپاسگزاری می‌شود.

همه باکتری‌ها داشت که می‌تواند ساختار دیواره یاخته‌ای باکتری‌های تندرشد خاک وابسته باشد. بیشتر باکتری‌های تندرشد خاک و همه باکتری‌های روده‌ای گرم منفی هستند و آنها در برابر این پادزیست پایداری بالایی دارند. لیورمور و همکاران (2001) ژن‌های بتالاکتاماز را در ژنوم اصلی باکتری‌های روده‌ای پیدا کردند. یونسی و همکاران (1396b) در بررسی پایداری پازیستی باکتری‌های کشت شدنی خاک گزارش کردند که ناکارآمدی پادزیست‌های بتالاکتامی (پنی‌سیلین‌ها و آموکسی‌سیلین‌ها) بر باکتری‌های جداشده از خاک وابسته به ژن بتالاکتاماز و کارایی این آنزیم در شکستن حلقه بتالاکتام این پادزیست‌ها است. یونسی و همکاران (2019) در بررسی برخی از ژن‌های پایداری پازیستی (*blaTEM*, *vanA*, *tetB*, *strA*, *and aac(3)-II*) در باکتری‌های خاک گزارش کردند که فراوانی جدایه‌های دارای ژن بتالاکتاماز بیشترین است و نزدیک 45 از 70 باکتری جدا شده این ژن را دارند. در برابر آن نزدیک 5 درصد از جدایه‌ها ژن *vanA* و یک جدایه سودوموناس ژن *aac(3)-II* را داشت. ژن‌های *tetB* و *strA* در هیچ از باکتری‌ها یافت نشد.

نتیجه گیری پایانی

این پژوهش نشان داد که کاربرد بهسازها، بویژه کود گاوی و زغال زیستی آن، ویژگی خاک را بهبود

فهرست منابع:

1. صفری سنجان، ع.ا.، شریفی، ز.، صفری سنجان، م. 1389. روش‌های آزمایشگاهی در میکروبیولوژی. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، 562 صفحه.
2. قربان زاده، ن.، شعبانی روفچائی، ع.، پندی، ح. 1396. تأثیر دو نوع آنتی بیوتیک دارویی بر ویژگی های زیستی دو خاک رسی و لوم شنی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. 7(4): 113-99.
3. مولایی، ع.، لکزبان، ا.، حق نیا، غ.ح.، آستارایی، ع.ر.، رسولی صدقیانی، میرحسین، چکرینی، م.ت. 1397. ک های اکسی تتراسایکلین (OTC) و سولفامتاکسازول (SMX) بر نیتریفیکاسیون بالقوه و فعالیت آنزیم های فسفاتاز قلیایی و اوره آز در یک خاک آهکی. تحقیقات کاربردی خاک، 6(2): 14-1.
4. یونسی ن، صفری سنجان، ع.ا. 1396a. پایداری پازیستی ازتوباکترها و سودوموناس‌ها در خاک‌های معدن، چراگاه و کشاورزی پیرامون سه معدن در استان همدان، ایران. نشریه زیست شناسی خاک. 5(1): 67-81.
5. یونسی ن، صفری سنجان، ع.ا. و خداکرمیان غ. 1396b. ردیابی ژن بتالاکتاماز در باکتری های جدا شده از خاک‌های کشاورزی، چراگاه و معدن پیرامون معادن همدان، ایران. نشریه زیست شناسی خاک. 23: 35-48.
6. Akimenko, Y. V., Kazeev, K. S., Kolesnikov, S. I., Myasnikova, M. A., and Minnikova, T. 2017. Assessing resistance of the microbial community in soils to pollution with antibiotics. *Asian Journal of Pharmaceutics* 11(4): S798-S804.
7. Ameloot, N., Sleutel, S., Das, K. C., Kanagaratnam, J., and de Neve, S. 2015. Biochar amendment to soils with contrasting organic matter level: effects on N mineralization and biological soil properties. *GCB Bioenergy* 7(1): 135-144.

8. Ansari, F. 2001. Use of systemic anti-infective agents in Iran during 1997-1998. *Eur J Clin Pharmacol* 57(6-7): 547-551.
9. Cadena, M., Durso, L. M., Miller, D. N., Waldrip, H. M., Castleberry, B. L., Drijber, R. A., and Wortmann, C. 2018. Tetracycline and Sulfonamide Antibiotic Resistance Genes in Soils From Nebraska Organic Farming Operations. *Frontiers in Microbiology* 9(1283): 1-10.
10. Chessa, L., Pusino, A., Garau, G., Mangia, N. P., and Pinna, M. V. 2016. Soil microbial response to tetracycline in two different soils amended with cow manure. *Environ Sci Pollut Res Int* 23(6): 5807-5817.
11. Chiou, M.-S., and Li, H.-Y. 2002. Equilibrium and kinetic modeling of adsorption of reactive dye on cross-linked chitosan beads. *Journal of Hazardous Materials* 93(2): 233-248.
12. Cycoń, M., Mroziak, A., and Piotrowska-Seget, Z. 2019. Antibiotics in the Soil Environment-Degradation and Their Impact on Microbial Activity and Diversity. *Frontiers in microbiology* 10: 338-338.
13. Dantas, G., Sommer, M. O., Oluwasegun, R. D., and Church, G. M. 2008. Bacteria subsisting on antibiotics. *Science* 320(5872): 100-103.
14. Ding, G.-C., Radl, V., Schloter-Hai, B., Jechalke, S., Heuer, H., Smalla, K., and Schloter, M. 2014. Dynamics of Soil Bacterial Communities in Response to Repeated Application of Manure Containing Sulfadiazine. *PLOS ONE* 9(3): e92958.
15. Duan, M., Li, H., Gu, J., Tuo, X., Sun, W., Qian, X., and Wang, X. 2017. Effects of biochar on reducing the abundance of oxytetracycline, antibiotic resistance genes, and human pathogenic bacteria in soil and lettuce. *Environ Pollut* 224: 787-795.
16. Gao, M., Song, W., Zhou, Q., Ma, X., and Chen, X. 2013. Interactive effect of oxytetracycline and lead on soil enzymatic activity and microbial biomass. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 36(2): 667-674.
17. Hammesfahr, U., Kotzerke, A., Lamshöft, M., Wilke, B.-M., Kandeler, E., and Thiele-Bruhn, S. 2011. Effects of sulfadiazine-contaminated fresh and stored manure on a soil microbial community. *European Journal of Soil Biology* 47(1): 61-68.
18. Jiao, W., Du, R., Ye, M., Sun, M., Feng, Y., Wan, J., . . . Jiang, X. 2018. 'Agricultural Waste to Treasure' - Biochar and eggshell to impede soil antibiotics/antibiotic resistant bacteria (genes) from accumulating in *Solanum tuberosum* L. *Environ Pollut* 242(Pt B): 2088-2095.
19. Kang, A. J., Brown, A. K., Wong, C. S., Huang, Z., and Yuan, Q. 2018. Variation in bacterial community structure of aerobic granular and suspended activated sludge in the presence of the antibiotic sulfamethoxazole. *Bioresour Technol* 261: 322-328.
20. Kauri S., Rao R., and S., N. 2011. Amoxicillin: A broad spectrum antibiotic. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 34: 401-417.
21. Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry* 43(9): 1812-1836.
22. Lin, H., Jin, D., Freitag, T. E., Sun, W., Yu, Q., Fu, J., and Ma, J. 2016. A compositional shift in the soil microbiome induced by tetracycline, sulfamonomethoxine and ciprofloxacin entering a plant-soil system. *Environ Pollut* 212: 440-448.
23. Livermore, D. M., Warner, M., Hall, L. M., Enne, V. I., Projan, S. J., Dunman, P. M., . . . Harrison, G. 2001. Antibiotic resistance in bacteria from magpies (*Pica pica*) and rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) from west Wales. *Environ Microbiol* 3(10): 658-661.
24. Lopatto, E., Choi, J., Colina, A., Ma, L., Howe, A., and Hinsä-Leasure, S. 2019. Characterizing the soil microbiome and quantifying antibiotic resistance gene dynamics in agricultural soil following swine CAFO manure application. *PLOS ONE* 14(8): e0220770.

25. Meredith, H. R., Andreani, V., Ma, H. R., Lopatkin, A. J., Lee, A. J., Anderson, D. J., . . . You, L. 2018. Applying ecological resistance and resilience to dissect bacterial antibiotic responses. *Science Advances* 4(12): eaau1873.
26. Mokni-Tlili, S., Jedidi, N., and Hassen, A. 2013. Antagonistic interactions among cultivable actinomycetes isolated from agricultural soil amended with organic residues. *African Journal of Microbiology Research* 7(26): 3304-3320.
27. Orwin, K. H., and Wardle, D. A. 2004. New indices for quantifying the resistance and resilience of soil biota to exogenous disturbances. *Soil Biology and Biochemistry* 36(11): 1907-1912.
28. Pimm, S. L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307(5949): 321-326.
29. Pires, D. P., Melo, L., Vilas Boas, D., Sillankorva, S., and Azeredo, J. 2017. Phage therapy as an alternative or complementary strategy to prevent and control biofilm-related infections. *Curr Opin Microbiol* 39: 48-56.
30. Riesenfeld, C. S., Goodman, R. M., and Handelsman, J. 2004. Uncultured soil bacteria are a reservoir of new antibiotic resistance genes. *Environ Microbiol* 6(9): 981-989.
31. Schmitt, H., van Beelen, P., Tolls, J., and van Leeuwen, C. L. 2004. Pollution-Induced Community Tolerance of Soil Microbial Communities Caused by the Antibiotic Sulfachloropyridazine. *Environmental Science & Technology* 38(4): 1148-1153.
32. Singer, R. S., and Hofacre, C. L. 2006. Potential impacts of antibiotic use in poultry production. *Avian Dis* 50(2): 161-172.
33. Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., and Leoppert, R. H. (1996). *Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods* (D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, & R. H. Loeppert Eds.). Madison, WI: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.
34. Sun, J., Qian, X., Gu, J., Wang, X., and Gao, H. 2016. Effects of oxytetracycline on the abundance and community structure of nitrogen-fixing bacteria during cattle manure composting. *Bioresour Technol* 216: 801-807.
35. Telesiski, M. M., Przytarska, J. E., Sternal, B., Forwick, M., Szczuci, ski, W., . . . czkowski, M. (2018). IRD record of sediment core JM07-015. Retrieved from: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.895465>
36. Walkley, A., and Black, I. A. 1934. An examination of the method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37(1): 29-38.
37. Yadav, A. N., Verma, P., Kumar, V., Sangwan, P., Mishra, S., Panjiar, N., . . . Saxena, A. K. (2018). Chapter 1 - Biodiversity of the Genus *Penicillium* in Different Habitats. In V. K. Gupta & S. Rodriguez-Couto (Eds.), *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* (pp. 3-18). Amsterdam: Elsevier.
38. Ye, M., Sun, M., Huang, D., Zhang, Z., Zhang, H., Zhang, S., . . . Jiao, W. 2019. A review of bacteriophage therapy for pathogenic bacteria inactivation in the soil environment. *Environment International* 129: 488-496.
39. Younessi, N., Safari Sinigani, A. A., and Khodakaramian, G. 2019. Detection of antibiotic resistance genes in culturable bacteria isolated from soils around mines in Hamedan, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16(12): 7643-7652.
40. Zablotni, A., and Jaworski, A. 2014. Sources of antibiotics in natural environments and their biological role. *Postepy Hig Med Dosw (Online)* 68: 1040-1049.

Effect of Antibiotics on frequency of Native Fungi and Bacteria in Soils Treated by Organic and Mineral Conditioners

M. Rashtbari¹, and A. A. Safari Sinegani

Ph.D. student. Soil Science College of Agriculture, Bu-Ali Sina University. Hamadan;

E-mail: Mehdi.rashtbari@gmail.com

Professor. Soil Science College of Agriculture, Bu-Ali Sina University. Hamadan;

E-mail: aa-safari@basu.ac.ir

Received: October, 2019 & Accepted: December, 2019

Abstract

Nowadays, extensive application of antibiotics in medicine for treating people and in agriculture and veterinary caused soil and water contamination and also have negative impacts on soil microorganisms and biological processes rate. In the present study, the effect of releasing the mostly used antibiotic in soil (gentamicin, oxytetracycline, and penicillin) and different concentrations (50, 100 and 200 mg/kg dry soil) with and without organic and mineral conditioner (cow manure, biochar, and nano-zeolite) on total soil fungi, total cultivable bacteria and coliforms and their resistance and resilience indices at three time periods including 1-7, 7-30 and 30-90 days during a 90-day incubation time was evaluated in a split-factorial design which soil conditioners were considered as main plots and antibiotic types and concentration were as experimental factors. Resistance and resilience indices were calculated for microbial groups, as well. The addition of antibiotics, including gentamicin, reduced the abundance of microorganisms. Based on the results, cow manure had the highest total fungi count at 1-7 days which had no significant difference with biochar application. At 7-30 days, total bacteria count in antibiotic-treated soil significantly increased which the increase rate for gentamicin and oxytetracycline, especially at higher concentrations was more than penicillin. At 7-30 and 30-90 days, the application of cow manure and gentamicin and oxytetracycline at 100 and 200 mg/kg soil resulted in the highest total coliforms count. Generally, the results of the present study showed that the application of conditioners, especially cow manure, could decrease the toxic effects of antibiotics in soils and causes an increase in resistance and resilience indices of soil microorganisms.

Keywords: coliforms, antibiotic resistance, biochar, nano-zeolite

¹ Corresponding author: Soil Science College of Agriculture Bu-Ali Sina University, Hamadan Iran