Microbial Pollution of Soil by Organic Waste Disposal and Determination of Effective Factors

E. Razavi Toosy (M.Sc)
Faculty of Agriculture, Shiraz University

Abstract

Application of organic wastes (solid wastes and wastewaters) to agricultural lands is perhaps the most economical methods of their disposal. If this is done properly, the soil acts as a biofilter in refining the organic wastes, and the physical and chemical properties of the soil itself are also improved. In the contrary, inappropriate application of organic waste to soils may lead to increased soluble salts and heavy metal concentration and number of pathogenic microorganisms. Introduction of pathogens to human food chain through agricultural products and surface and ground waters may cause epidemic diseases. The physical and chemical properties of soil and kinds of microorganisms of great importance in disposal of organic wastes. The knowledge about these factors can help in disposal of organic waste with minimum amount of organic pollution.

آلودگی‌های میکروبی ناشی از مصرف مواد آلی در خاک و عوامل مؤثر بر آن‌ها

احسان رضوی طوسی*

(دریافت ۸۰/۱/۲۹ پذیرش ۸۰/۱۰/۱۲)

چکیده

استفاده از خاک به عنوان بستری برای دفع مواد آلی زاید از جمله فضولات دامی، زباله‌ها و پساب‌های مختلف و لجن فاضلاب، یکی از مقرون به صرفه‌ترین روش‌های مدیریت دفع مواد آلی است، که در صورت به کارگیری صحیح آن، علاوه بر رفع مشکل حجم انبوه این مواد، تأثیر مطلوبی در خصوصیات مختلف خاک نیز دارد. خاک نه تنها به صورت یک بستر فیزیکی بلکه به عنوان یک صافی زنده توانایی زیادی در پالایش مواد آلی دارد. با این وجود، عدم مدیریت صحیح دفع مواد آلی می‌تواند پیامدهایی مثل افزایش غلظت املاح، فلزات سنگین و ریزجانداران بیماری‌زا را به دنبال داشته باشد. ورود این ریزجانداران از طریق محصولات کشاورزی، آب‌های سطحی و مخصوصاً آب‌های زیرزمینی به چرخه غذایی انسان، می‌تواند باعث شیوع بیماری‌های مختلف و با منشأ ناشناخته گردد. در بین عوامل مؤثر در بقا و انتقال عوامل بیماری‌زا، نوع ماده دفعی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مربوط به خاک و نوع عامل بیماری‌زا از اهمیت زیادی برخوردار هستند، و شناسایی ابعاد مختلف آنها در بخش کشاورزی، به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های مصرف مواد آلی مختلف، نقش به سزایی در کاهش آلودگی‌های ناشی از آنها خواهد داشت.

مقدمه

وجود مقادیر زیاد انواع مواد آلی زاید از جمله کودهای دامی، زباله‌ها و پساب‌های شهری و لجن فاضلاب از یک طرف، و تأثیر مثبت این مواد بر خصوصیات مختلف خاک، و نیز ارزان بودن و در دسترس بودن خاک از طرف دیگر، باعث شده که یکی از مهم‌ترین روش‌های دفع مواد آلی زاید تخلیه آن‌ها در سطح خاک باشد. خاک به عنوان یک صافی زنده[1] می‌تواند BOD مواد آلی دفن شده را تا ۹۸٪ کاهش دهد[۱۷]. جدول ۱ نمونه‌ای از نقش مثبت خاک در پالایش پساب‌ها را نشان می‌دهد. با این حال، عدم مدیریت صحیح دفع ضایعات آلی می‌تواند منجر به افزایش غلظت املاح و تعداد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا گردد.

ورود پاتوژن‌ها از طریق آب‌های جاری و زیرزمینی و یا محصولات مختلف کشاورزی به چرخه غذایی انسان یا حیوانات، می‌تواند باعث شیوع بیماری‌های مختلف و با منشأ ناشناخته[2] گردد که تعداد آن‌ها به بیش از ۵۰ نوع بالغ می‌شود (جدول ۲). استفاده از انواع مواد آلی در خاک به منظور دفع یا افزایش حاصلخیزی خاک، منجر به ورود تعداد بی‌شماری از آن‌ها به محیط خاک می‌گردد. حداقل در بخش کشاورزی به عنوان یکی از مصرف کنندگان مهم این مواد توجه چندانی به این موضوع نشده است.

[1] Biofilter

[2] Non Point Source

* کارشناس ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

جدول ۱- تغییر خصوصیات پساب در عمق‌های مختلف خاک [۱۷].

پارامتر	عمق نمونه‌برداری (m)				
	پساب	۷	۱۴	۲۱	۲۸
	PPM				
BOD	۲۱۵۸	۱۴۱	۶۲/۶	۱۵	۷/۲
NH۴-N	۹۷/۲	۵/۶	۴/۳	۲/۴	۱/۲
NO۳ - N	۳/۵	۱/۱	۱/۳	۱/۷	۰/۷
PO۴ - P	۳۱/۴	۵/۷	۲/۴	۰/۸	۰/۳
جامدات معلق	۷۱۱/۹	۱۰۸	†	†	†

† به مقدار ناچیز

جدول ۲- میکروارگانیسم‌های موجود در مواد دفعی و بیماری‌های ناشی از آنها[۱، ۹].

انگل‌ها		انگل‌ها		باکتری‌ها	
گونه	بیماری	گونه	بیماری	گونه	بیماری
آنکیلوستومادئودنالیس	کرم قلاب‌دار	شیستوزوما ماتسونی	شیستومازیس	اشرشیاکلی	اسهال
آسکاریس‌لومبروکوییدیس	آسکاریازیس	شیستوزوما ژاپنیکم	شیستوموميازیس	سالمونلاتیفی	تیفوئید
آنتروبیوس ورمیکولاریس	انتروبیازیس	شیستوزوما هماتوبیوم	شیستوزومازیس	سالمونلاپاراتیفی	پاراتیفوئید
اوپیستورکیس فلیئوس	اوپیستورکیازیس	دیفیلوبوتریوم لانوم	دیفیلوتریازیس	شیگلا	اسهال
استرانژیلوییدس استرکورالیس	استرانژیلوئید یازیس	فاسیولا هپاتیکا	فاسیولازیس	کامپیلوباکتر	اسهال
پاراگونیموس وسترمانی	پاراگونیمازس	فاسیولوپسیس باسکی	فاسیولوپسیالیس	ویبریوکلرلا	وبا
تنیاساژیناتا	تنیازیس	کلونورکیس سایتسیس	کلونورکیازیس	انواع ویبریون‌ها	اسهال
تنیاسولیوم	تنیازیس	گاستروديکوییدس	گاسترو دیسکوییدازیس	انواع یرسینیاها	اسهال
نکاتورآمریکانوس	کرم قلاب‌دار	هتروفیس	هتروفیازیس	یرسینیاایئتروکولیتیکا	سپتی‌سمی
همینولیپس ناتا	همینولیپازس	متاگونیموس بوکوگاوایی	متاگونیمیازیس	انواع سالمونلا	اسهال و مسمومیت

ویروس‌ها	
گونه	بیماری
آدنوویروس‌ها	بیماری‌های مختلف
انتروویروس‌ها	بیماری‌های گوارشی
پولیو ویروس‌ها	فلج اطفال و ناتوانی‌ها
هپاتیت A	هپاتیت (یرقان) عفونی
اکو ویروس	حالت‌های مختلف
روتا ویروس	اسهال
رئو ویروس	حالت‌های مختلف
کوکساکی ویروس‌ها	حالت‌های مختلف

پروتوزوئرها	
گونه	بیماری
بالانتیدیوم کلی	اسهال و زخم کولون
ژیاردیا لامبا	اسهال، اختلالات غذایی
آنتامبا هیستولتیکا	زخم کولون، اسهال آمیبی ، آبسه کبدی

روش‌های ورود میکروارگانیسم‌ها به چرخه غذایی انسان

آب‌های سطحی

استفاده از ضایعات آلی در سطح خاک و بدون اختلاط آن با خاک و یا چرای دام‌ها در مزاتع می‌تواند باعث آلودگی سطح خاک به انواع میکروارگانیسم‌ها شود. پس از بارش یا جریانات سطحی، این میکروارگانیسم‌ها همراه با رواناب به حوزه آبخیز منتقل می‌شوند. تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان داد که تعداد کلی‌فرم‌ها به عنوان یکی از شاخص‌های مهم آلودگی در رواناب مراتع تحت چرا تا ده برابر افزایش یافته است[٦].

محصولات کشاورزی

انواع محصولات کشاورزی که در تماس مستقیم با مواد دفع شده بوده یا در خاک‌های تیمار شده با این مواد رشد کرده‌اند، می‌توانند منبع آلودگی‌های بیولوژیک باشند و این امر به ویژه در مورد سبزیجات و محصولاتی همچون گوجه‌فرنگی، خیار، هویج، کاهو، کرفس و اسفناج که به صورت تازه استفاده می‌شوند، از اهمیت بیشتری برخوردار است. در آزمایشی که به منظور مقایسه میزان آلودگی بین این گیاهان انجام شد، مشخص شد که اسفناج از بیشترین آلودگی برخوردار است، به نحوی که تعداد کل کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی در آن به ترتیب ۸۷۰۰ و ۲۴۰۰ و برای کاهو ۳۷۰۰ و ۳۶۰۰ عدد در هر گیاه بوده است [۱۵]. هم‌چنین، مشخص شده است که بقای پاتوژن‌ها در گیاه آلوده بستگی زیادی به محل استقرار آن در گیاه دارد.مثلاً وجود سالمونلا در اندام‌های هوایی انتهایی کاهو فقط در ۵٪ نمونه‌ها دیده شده و قدرت بقای آن نیز حداکثر پنج روز بوده است، در حالی که در اندام‌های نزدیک به سطح زمین ۲۶٪ نمونه‌ها آلوده بودند و قدرت بقای باکتری در

این مکان‌ها به ۷۷ روز بالغ می‌شود[۱۲]. نمونه‌برداری از کاهوهای کشت شده در خاک‌های تیمار شده با پساب‌های شهری نیز نشان داد آلودگی در تمام نمونه‌ها به کلی‌فرم‌های مختلف و در ٤٤٪ آنها به اشرشیاکلی وجود داشته است. آزمایش‌ها نشان داد اگرچه در مدت ۵ هفته پس از کاشت درصد زیادی از پاتوژن‌ها از بین رفته‌اند، ولی تعداد آنها به اندازه‌ای بوده که در اثر مصرف محصول بدون شست و شو و یا پخت، خطر ابتلای بیماری را به همراه داشته باشند [۱۱]. در آزمایشی مشابه سادوفسکی و همکاران[١٦] خاطر نشان کردند آبیاری با پساب‌ها می‌تواند تعداد کلی‌فرم‌ها را در محصول تا ۳۸ برابر افزایش دهد. آنها هم‌چنین یادآوری کردند استفاده از آب معمولی پس از مرحله گل‌دهی باعث از بین رفتن آلودگی‌های ایجاد شده می‌گردد.

ورود به آب‌های زیرزمینی

سومین مسیر ورود پاتوژن‌ها به زنجیره غذایی انتقال آن‌ها به آب‌های زیرزمینی است. معمولاً در صورت ورود به این آب‌ها مبارزه با پاتوژن‌ها با مشکلات بیشتری همراه است، زیرا اکثر پاتوژن‌ها می‌توانند مدت‌های طولانی در این آبخوان‌ها به سر برند. به طور متوسط باکتری‌ها تا سه ماه و ویروس‌ها تا شش ماه می‌توانند بدون از دست دادن قدرت بیماری‌زایی در چنین شرایطی زنده بمانند [۲۰]. ضمن این که باکتری‌هایی مثل اشرشیاکلی می‌توانند در چنین محیط‌هایی تکثیر یافته و انتشار وسیع‌تری داشته باشند.

استفاده از روش‌های جست و جو نشان داد که ویروس‌ها می‌توانند در چاه آبی که در فاصله ۱۸۰ متری از محل دفع پساب‌ها قرار گرفته یافت شوند کلی‌فرم‌ها نیز قادرند تا عمق ۱٤٥ متری نفوذ کرده و زنده بمانند، و این امر پتانسیل آلودگی‌های بیولوژیک را در مناطق دفع مواد آلی نشان می‌دهد. به طور کلی، زمان بقای باکتری‌ها در خاک بسته به شرایط خاکی و اقلیمی، از کمتر از یک هفته تا چند ماه متغیر است، و برای برخی از گونه‌ها تا ۵ سال نیز به طول می‌انجامد [۲و۲۱]. جدول ۳ قدرت بقای برخی از عوامل بیماری‌زا را در خاک نشان می‌دهد.

برای پیش‌بینی بهتر آلودگی‌های میکروبی آب‌های زیرزمینی لازم است عوامل متعددی را که در انتقال پاتوژن‌ها در خاک و ورود آن‌ها به آب‌های زیرزمینی مؤثر هستند بررسی نمود.

عوامل مؤثر در ماندگاری و انتقال میکروارگانیسم‌ها در خاک

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک[1]
خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میکروارگانیسم[2]
نوع و شدت جریان
نوع ماده دفعی، مقدار آن و نحوه مصرف
شرایط اقلیمی

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

رطوبت: رطوبت به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در بقای میکروارگانیسم‌ها شناخته شده است، و برای انواعی از آن‌ها مخصوصاً سالمونلاها رطوبت مهم‌ترین عامل بقا است. بجز تعداد محدودی از پاتوژن‌ها از جمله تخم‌انگل‌ها که به دلیل داشتن پوشش سخت تحمل بیشتری به خشکی دارند، اکثر پاتوژن‌ها در صورت کاهش رطوبت از ۵۰ به ۱۰درصد به سرعت از بین می‌روند، و برعکس در شرایط مرطوب بیشترین ماندگاری را از خود نشان می‌دهند. از سوی دیگر، کاهش رطوبت به دلیل تأثیری که بر لایه پخشیده دوگانه دارد، باعث ابقا و جذب پاتوژن‌ها، مخصوصاً ویروس‌ها، با شدت بیشتری شده و کاهش فعالیت آن‌ها را به دنبال دارد [١٤ و ٢١].

دما : دما نیز از جمله عوامل مهم مؤثر بر بقای میکروارگانیسم‌ها در خاک است. افزایش دما معمولاً باعث کاهش بقای پاتوژن‌ها می‌شود و یا قدرت بیماری‌زایی آن‌ها را کاهش می‌دهد. برعکس، دماهای کمتر از ۱۰ درجه باعث حفظ پاتوژن‌ها به مدت طولانی می‌شود [۵]. دما هم‌چنین علاوه بر تأثیری که بر ساختار مولکولی پاتوژن‌ها دارد، به دلیل تأثیر بر فعالیت کل میکروارگانیسم‌های خاک باعث حفظ تعادل جمعیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود.

نوع و مقدار ماده آلی : مواد آلی به دلیل داشتن بارهای منفی غالب در اکثر pHهای خاک تأثیر چندانی در جذب میکروارگانیسم‌ها مخصوصاً ویروس‌ها ندارند. در خاک‌های دارای مواد آلی بیشتر، به دلیل جذب کمتر پاتوژن‌ها از یک طرف، و تأمین منابع غذایی مورد نیاز آن‌ها

[1] Adsorbent
[2] Adsorbate

جدول ۳- زمان بقای برخی از پاتوژن‌ها در خاک[۴،۳ و ۹].

زمان (روز)	۳۰-۱۴	۳۰-۱۰	*۷	۹۰-۱۴	۱۰۰-۲۰	۱۱۲-۱۴	۸	۷۰-۱۳
نوع پاتوژن	استرپتوکوکسی	استرپتوکوکوس	آسکاریس	اشرشیاکلی	انتروویروس	سالمونلا	کیست آنتامویا	کلی‌فرم‌ها

* بر حسب سال

جدول ٤- تأثیر ساختمان در انتقال باکتری[۱۸].

خاک	C/C_0	
	ساختمان منظم	ساختمان تخریب شده
Crider	۰/٤٤	۰/۰۷
Maury	۰/۲۲	۰/۰۰۲
Bruno	۰/۷۹	۰/۰۵

C غلظت باکتری در زه‌آب، C_0 غلظت باکتری در آب مصرفی

جدول ۵- تأثیر سرعت جریان آب درخاک بر انتقال اشرشیاکلی[۱۸].

خاک	C/C_0			
	سرعت جریان (mmh^{-1})			
	۵	۱۰	۲۰	٤۰
Maury	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۳۲
Huntingon	۰/۵٦	ND	۰/۹٦	ND
Crider	۰/۰۸	ND	۰/۵۹	ND
Bruno	ND	ND	۰/۷۹	۰/۹۰

not determine : ND

C : غلظت باکتری در زه‌آب

C_0: غلظت باکتری در آب مصرفی

در لایه‌های زیرین خاک از طرف دیگر، پاتوژن‌ها قدرت نفوذ عمقی بیشتری دارند. ضمن این که وجود مواد آلی محلول در آب باعث کاهش یا تأخیر در جذب سطحی پاتوژن‌ها توسط ذرات خاک می‌شود [۷].

بافت خاک : خاک‌های ریزبافت به دلیل قدرت جذب سطحی بیشتر و سطح ویژه بالاتر و وجود منافذ ریز نسبت به خاک‌های شنی، تأثیر بیشتری در حفظ پاتوژن‌ها و کاهش خطرات ناشی از آن‌ها دارند بافت خاک مخصوصاً از نظر نگهداری پاتوژن‌های درشت‌تر حائز اهمیت است [۲۱].

ساختمان خاک : وجود ساختمان‌های منظم در خاک به دلیل تسهیل عبور آب به عنوان بستر میکروارگانیسم‌ها باعث نفوذ عمقی بیشتر آن‌ها می‌گردد. خاک‌های فشرده شده یا بدون ساختمان مشخص و خاک‌های تحت عملیات خاک‌ورزی مقاومت زیادی در مقابل عبور پاتوژن‌ها از خود نشان می‌دهند. جدول ٤ تأثیر ساختمان خاک را در انتقال پاتوژن‌ها نشان می‌دهد [۱۰ و ۱۸].

pH خاک : با توجه به منفی بودن پتانسیل سطحی اکثر میکروارگانیسم‌ها، مخصوصاً ویروس‌ها، و وابستگی بار پتانسیل سطحی به pH محیط، با افزایش pH خاک جذب سطحی ویروس‌ها کاهش می‌یابد واین امر درخاک‌هایی که بارهای وابسته دارند از نظر انتقال ویروس‌ها حائز اهمیت است. باکتری‌ها به دلیل این که کمتر تحت تأثیر فرایند جذب سطحی قرار می‌گیرند نسبت به pH خاک حساسیت کمتری از خودنشان می‌دهند.

نوع کانی‌های رسی : نوع کانی‌های رسی در خاک و نسبت آن‌ها به دلیل تأثیری که بر افزایش سطح ویژه خاک و نیز جذب سطحی پاتوژن‌ها دارند، حائز اهمیت است. کانی‌های رسی که دارای بار منفی بیشتری هستند توانایی کمتری برای جذب پاتوژن‌ها دارند که از جمله آن‌ها

می‌توان به ایلایت و برخی از انواع مونت موریلونایت اشاره نمود. به طور کلی، جذب سطحی پاتوژن‌ها توسط مواد آلی، سیلیکات‌های رسی و اکسیدهای آهن (مخصوصاً در pHهای پایین) به ترتیب با قدرت‌های کم، متوسط و زیاد انجام می‌شود [۱۳].

قدرت یونی محلول خاک و غلظت املاح: افزایش غلظت املاح به دلیل تأثیر بر فشردگی لایه دوگانه باعث افزایش جذب سطحی پاتوژن‌ها به خصوص ویروس‌ها می‌شود. املاح هم‌چنین به دلیل تأثیر بر فشار اسمزی سلول‌های میکروارگانیسم‌ها باعث ایجاد تنش و بعضاً مرگ آن‌ها می‌شوند.

قدرت یونی محلول خاک نیز به دلیل تأثیر بر لایه دوگانه پخشیده رابطه معکوسی با حرکت پاتوژن‌ها دارد و در صورت کاهش آن واجذبی ویروس‌های متصل به ذرات رخ می‌دهد [۷ و ۲۱].

نوع کاتیون‌های غالب در خاک: با افزایش ظرفیت کاتیون‌های خاک به دلیل فشردگی لایه دوگانه محلول خاک، جذب سطحی میکروارگانیسم‌ها افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، کاتیون‌های چند ظرفیتی به عنوان پلی بین ذره خاک و میکروارگانیسم عمل کرده و باعث کاهش حرکت پاتوژن‌ها در خاک می‌شوند. علاوه بر این، کاتیون‌های چند ظرفیتی باعث هماوری و انعقاد ذرات میکروارگانیسم‌ها به یکدیگر شده و باعث حبس شدن آن‌ها در بین فضاهای خالی و ذرات خاک می‌گردند. به عنوان، مثال استفاده از کلرید آلومینیوم به غلظت ۰/۱ میلی‌مول در پساب باعث جلوگیری از نفوذ ویروس‌ها به عمق بیش از ٤۰سانتی‌متری می‌شود. استفاده از فسفات‌های کلسیم و سولفات آهن نیز آثار مشابهی را به دنبال دارد [۷ و۱۹].

عمق خاک و سنگ بستر : با افزایش عمق خاک، آب‌های زیرزمینی و سنگ بستر به دلیل افزایش مسیر حرکت پاتوژن‌ها، احتمال آلودگی‌های بیولوژیک کمتر می‌شود. معمولاً در عمق‌های بیش از ٦۰ متر احتمال حضور پاتوژن‌ها حتی ویروس‌ها کم بوده و لااقل تعداد آن‌ها به اندازه‌ای کم می‌شود که خطرات بالقوه آن‌ها تا حد زیادی کاهش می‌یابد [۱۹].

خصوصیات مربوط به نوع میکروارگانیسم

این خصوصیات شامل اندازه، بارهای الکتریکی خالص دیواره سلولی، آب‌گریزی دیواره سلولی، مقدار و نوع پلی‌ساکاریدهای ترشح شده توسط سلول و قدرت تشکیل اسپور یا کیست می‌باشند.

اندازه : اندازه پاتوژن‌ها نقش مهمی را در انتقال آن‌ها در خاک بر عهده دارد. ویروس‌ها ذراتی با اندازه ۵۰۰-۲۰ میکرون و بعضاً بزرگ‌تر هستند، که عموماً همراه با ذرات معلق موجود در آب خاک منتقل می‌شوند، و به دلیل کوچک‌تر بودن نسبت به سایر پاتوژن‌ها قدرت نفوذ عمقی بیشتری دارند، به نحوی که در شرایط مطلوب و خاک‌های درشت بافت ممکن است تا ۲۰۰ فوت نیز نفوذ نمایند. نگهداری ویروس‌ها تقریباً تنها توسط پدیده جذب سطحی صورت می‌گیرد و معمولاً برگشت‌پذیر می‌باشد. جذب سطحی عمومی (فیزیکی) ویروس معمولاً در عرض چند دقیقه و حداکثر ۱۵ دقیقه رخ می‌دهد. جذب سطحی در لایه دوگانه پخشیده و توسط نیروهای واندروالس- لندن صورت می‌گیرد، و از آن‌جا که خود ویروس‌ها ذراتی با بار منفی هستند، قدرت جذب رابطه نزدیکی با اندازه و نوع کانی‌های خاک دارد. در بین معادلات مختلف جذب سطحی معادله فروندلیچ به طور وسیع‌تری برای تفسیر و بررسی جذب سطحی ویروس‌ها به کار می‌رود [۲۱].

باکتری‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا به دلیل داشتن اندازه بزرگ‌تر، نه تنها به صورت جذب سطحی، بلکه عمدتاً به دلیل به دام افتادن بین ذرات خاک و یا ته‌نشینی روی ذرات خاک در نتیجه جریان آرام آب در خاک نگهداری می‌شوند. در بین انواع میکروارگانیسم‌های قابل انتقال در خاک، مطالعه حرکت و چگونگی حرکت ویروس‌ها در خاک به دلیل اندازه کوچک‌تر آن‌ها با مشکلات بیشتری همراه است. ولی باکتری‌ها، پروتوزوئرها و تخم‌های انگل به دلیل داشتن اندازه بزرگ‌تر معمولاً به صورت جزئی از ذرات خاک عمل کرده و پیش‌بینی رفتار آن‌ها در خاک با سهولت و اطمینان بیشتری همراه است [۱۹ و ۲۱].

نوع و شدت جریان : به طور کلی، وجود جریان‌های اشباعی، علاوه بر این که شرایط محیطی مناسبی را برای بقای پاتوژن‌ها فراهم می‌کند، باعث افزایش قدرت نفوذ آن‌ها به لایه‌های زیرین می‌شود. در جریان‌های غیر اشباعی نیز افزایش شدت جریان آب در خاک باعث افزایش نفوذ عمقی پاتوژن‌ها می‌گردد. ولی کاهش سرعت جریان باعث رسوب میکروارگانیسم‌ها به ویژه انواع بزرگ‌تر روی ذرات خاک شده و عامل مهمی در استقرار پاتوژن‌ها در لایه‌های

سطحی خاک به شمار می‌رود. بالعکس، بارش سنگین، آبیاری زیاد و یا آبشویی خاک به منظور خروج املاح پس از مصرف مواد آلی در خاک، هر یک می‌تواند باعث افزایش آلودگی لایه‌های زیرین خاک گردد. جدول ۵ تأثیر سرعت جریان در انتقال میکروارگانیسم‌ها را نشان می‌دهد [۸، ۱۰ و ۱٤].

نوع ماده آلی و نحوه مصرف آن : نوع ماده آلی مصرفی از نظر منشأ، تعداد و نوع پاتوژن‌ها نقش مهمی در بروز آلودگی‌های میکروبی دارد. در بین انواع مواد آلی شامل پساب‌های شهری و روستایی ، کمپوست و کودهای دامی، فاضلاب‌ها و ضایعات بیمارستانی آلوده‌ترین نوع مواد دفعی را از نظر نوع و تعداد پاتوژن تشکیل می‌دهند.

نحوه دفع مواد نیز در تشدید یا کاهش آلودگی مؤثر است، به نحوی که تخلیه یکباره و بیش از حد پساب‌ها باعث نفوذ پاتوژن‌ها، به خصوص ویروس‌ها به عمق خاک (۱٦۰سانتی‌متر) می‌شود. در حالی که در صورت مصرف پساب‌ها به صورت تدریجی یا همراه با آب آبیاری، عمق نفوذ پاتوژن‌ها حداکثر به ٤۰ سانتی‌متر بالغ می‌شود. از طرف دیگر، در صورت اختلاط مواد آلی با خاک، پس از تخلیه، قدرت بقای عوامل بیماری‌زا به دلیل جذب در خاک و برهمکنش با سایر میکروارگانیسم‌ها به کمتر از نصف کاهش می‌یابد. ولی در صورت عدم اختلاط آن‌ها با خاک، اگرچه پاتوژن‌های در معرض هوا و تابش مستقیم به سرعت از بین می‌روند، بخش عمده آن‌ها به دلیل داشتن منبع غذایی مناسب و رطوبت کافی، باقی مانده و تکثیر می‌شوند، و نهایتاً آلودگی آب‌های جاری سطحی را به دنبال خواهند داشت [۸ و ۱٤].

شرایط اقلیمی : پارامترهای آب و هوایی از جمله رطوبت، شدت تابش، دما و بارندگی تأثیر زیادی در قدرت آلایندگی پاتوژن‌ها دارند. به طور کلی، وجود شرایط گرم و مرطوب بهترین حالت، و شرایط گرم و خشک نامناسب‌ترین حالت برای بقا و تکثیر میکروارگانیسم‌ها است. بنابراین، استفاده از پساب‌ها، حتی به مقدار زیاد، در فصول گرم و خشک به دلیل تبخیر زیاد و مرگ سریع پاتوژن‌ها مشکل زیادی را به دنبال ندارد. ولی تخلیه آن‌ها در فصول سرد و مرطوب به دلیل اشباع بودن خاک و ماندگاری بیشتر پاتوژن‌ها، باعث ایجاد آلودگی از طریق رواناب و یا آب‌شویی پاتوژن‌ها به علت عدم تبخیر آب می‌شود. به عنوان مثال، مقدار مجاز تخلیه پساب در یک خاک لوم در تابستان ۲۵ و در زمستان تنها ٤/۳ لیتر در مترمربع در روز است [۳ و ۱۷].

نتیجه‌گیری

برای کاهش خطر آلودگی میکروبی می‌توان اقدامات مدیریتی زیر را به کار بست:

تصفیه و ضدعفونی ضایعات آلی : از جمله روش‌های از بین بردن پاتوژن‌ها می‌توان به استفاده از فیلترهای بیولوژیک، حوضچه‌های تثبیت و ته‌نشینی، صافی‌های شنی، کربن فعال شده، ازون،UV، کلر و منعقد کننده‌های هیدروکسید آلومینیوم، فسفات‌های کلسیم، آلوم و سولفات آهن اشاره نمود.

- تعیین مکان مناسب برای دفع یا دفن ضایعات آلی از نظر شیب، عمق آب زیرزمینی، بافت لایه‌های سطحی و زیرین خاک و فاصله سنگ بستر یا لایه‌های محدود کننده جریان تا سطح زمین.
- استفاده از پساب‌ها و کودهای آلی در فصول گرم و خشک و قبل از فرارسیدن دوره بارش.
- در نظر گرفتن بازه‌های زمانی مناسب پس از مصرف مواد آلوده تا زمان چرای دام‌ها.
- برقراری یک دوره آیش حداقل شش هفته‌ای پس از مصرف پساب‌های تصفیه نشده برای کشت سبزیجات و محصولات ریشه‌ای.
- انجام عملیات خاک‌ورزی قبل، و مخصوصاً پس از مصرف مواد آلی به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و نیز تلفات ازت موجود در آن‌ها.
- عدم مصرف یکباره و بیش از حد مواد آلی آلوده، مخصوصاً در صورت داشتن رطوبت زیاد در شرایط اقلیمی مرطوب.
- عدم استفاده از پساب‌های تصفیه نشده در سیستم‌های آبیاری بارانی در کشت سبزیجات، مخصوصاً در محل‌های بادخیز.
- استفاده از آب تمیز در مراحل انتهایی رشد محصولاتی که توسط پساب‌ها آبیاری شده‌اند.
- ضدعفونی نمودن سبزیجات و محصولاتی که به طور تازه مصرف می‌شوند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر کریمیان به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌ای که ارائه فرمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع و مراجع

۱- رخش خورشید، ع.، ۱۳۷۸، " اثرات تخلیه غیر بهداشتی مدفوعی بر منابع آب، " مجله آب و محیط زیست، شماره ۲٤، صفحه ۳۸-٤۱.

2- Alchin, C.V., and Jones, J. S., (1982), " *Survival Rates of Parasitic Eggs in Sludge During Aerobic and Anaerobic Digestion* ", Appl. Env. Microb., 4: 1138-1142.

3- Chandler, D.S., and Craven, J.A. (1980), "*Relationship of Soil Moisture to Survival of Escherichia coli and Salmonella in Soils* :, Aust. J.Agric. Res. 31: 547-555.

4- Chandler, D.S., Farran, I. and Craven, J.A., (1981), "*Persistence and Distribution of Pollution Indicator Bacteria on Land Used for Disposal of Piggery Effluent* ", Appl. Env. Microb., 42:453-460.

5- Crane, S.R., and Westerman, P.W. (1980), "*Die-off of Fecal Indicator Organisms Following Land Application of Poultry Manure* ", J. Env. Qual., 531-537.

6- Duran, J. W., and Lin, D. M., (1979), "*Bacteriological Quality of Runoff Water From Pasture Land* ", Appl. Env. Microb., 37:985-991.

7- Lance, J. C., and Gerba, C.P., (1984), " *Effect of Ionic Composition Suspending Solution on Virus Adsorption by soil Column* ", Appl. Env. Microb, 47 : 484-488.

8- Lance, J. C., and Gerba, C.P., (1984), " *Virus Movement in Soil During Saturated and Unsaturated Flow* ", Appl. Env. Microb, 47:335-337.

9- Lund, E., (1990), "*Health Problems Associated With the Reuse of Sewage : I. Bacteria, II. Viruses, III. Protozoa and Helminths. Working Papers Prepaired for WHO Seminar on Health Aspects of Treated Sewage Reuse* ".

10- McMurry, S.W., and Coyn, M.S., (1998), "*Fecal Coliform Transport Through Intact Soil Blocks Amended With Poultry Manure* ", J. Env. Qual, 27:86-92.

11- Multak, S.M., Hamdi, Y. A., Nour, M. A, and Bakal, N., (1980), "*Sewage Farming in Iraq* ", J. Env. Qual, 9:677-680.

12- Platz, S., (1991), "*Modeling Experiments on Survival of Salmonella*", Zentralblatt fur Bacteriologie, Microbiologie and Hygiene, 173:452-456.

13- Rebcca, S.M., Taylor, H. T., and Reddy, M.M., (1982), "*Adsorption of Reovirus by Minerals and Soils* ", Appl. Env. Microb, 44: 852-859.

14- Reddy, R.K., Khaleel, R., and Overcash, M.R., (1981), "*Behavior and Transport of Microbial Pathogens of Indicator Organismsin Soil* ", J. Env. Qual, 10:255-266.

15- Rosas, I., Baez A., and Coutino, M., (1984), " *Bacteriological Quality of Crops Irrigated With Waste Water in the Xochimiltiplots, Mexicocity, Mexico* ", Appl. Env. Microb, 47: 1074-1079.

16- Sadovski, A. Y., Fattal, B., and Goldberg, D., (1978), " *Microbial Contamination of Vegetables Irrigated With Sewage Effluent by a Drip Method* ", J. Food. Protec, 41 : 336-340.

17-Shen, Y., Jones, G. H, and Olsen, J., (1980), "*Soil as a Medium for Dairy Liquid Waste Disposal* ", J. Env. Qual, 9: 370-372.

18-Smith, M. S., Thomas, G. W., White, R. E., and Ritonga, D., (1985), "*Transport of Escherichia Coli Through Intact and Disturbed Soil Column* ",J. Env. Qual, 14 : 87-91.

19-Sobsey, M. D., Dean, C. H., Knuckes, M. E., and Wagner, R.A., (1981), "*Interaction of Survival of Entric Viruses in Soil Materials* ", Appl. Env. Microb, 40 : 92-101.

20- Stephen, A. S., Howard, T. B., and Gordon, W. T., (1982), "*Fate of Viruses in Waste Water Applied to Slow Infiltrated Land Treatment Systems* ", Appl. Env. Microb, 44 : 383-394.

21-Yavuz, M., and Haridas, A., (1984), "*Transport and Fate of Microorganisms in Porous Media : A Theoritical Investigation* ", J. Hydrol, 72 : 142-169.