کاربرد همزمان پساب و باکتری *باسیلوس* و نقش آن بر هدایت هیدرولیکی خاک

مرمر ثابتی زاده [۱]،منوچهر گرجی [۲]و مهدی شرفا [۲]
۱ - دانشجوی دکتری گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران ،۲- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده
افزودن بقایای آلی به خاک، باعث افزایش جمعیت ریزجانداران، تشدید فعالیت زیستی و در نتیجه بهبود ساختمان خاک می‌گردد. هدف بررسی اثر باکتری باسیلوس و کاربرد همزمان پساب حاوی نشاسته،و اثر متقابل آن‌ها بر هدایت هیدرولیکی،طی یک آزمایش هشت ماهه گلخانه‌ای بوده است. ماده آلی در دو سطح ۵/۰ و ۱ درصد وزنی و زادمایه باکتریایی حاوی $۱۱/۲ \times ۱۰^{۸}$ کلنی در هر میلی‌لیتر، معادل ۲۰ درصد (حجمی- وزنی) ماده آلی در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در زمان‌های یک، دو، چهار و هشتماه با روش بار ثابتصورت گرفت.نتایج نشان دادند که افزودن پساب بسته به مقدار ماده آلی، هدایت هیدرولیکی را افزایش دادهو مقدار آن را به حداکثرمی‌رساند. باکتری باسیلوس تجزیه پساب را تشدید کرده و باعث افزایش قابل توجهی در هدایت هیدرولیکی تیمارها در ماه دوم شد و پس از مصرف بخش راحت تجزیه شونده ماده آلی توسط ریزجانداران، در ماه چهارم و هشتم کاهش یافت.
واژه های کلیدی: باکتری باسیلوس، پساب، ساختمان خاک، هدایت هیدرولیکی.

مقدمه
تخریب خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به عنوان نتیجه‌ی فشار بیشتر بر محیط‌های کشاورزی و طبیعی و نیز نقش آن در تغییرات جهانی، به طور فزاینده‌ای اهمیت یافته‌است. یکی از نتایج مرتبط با تخریب خاک، از بین رفتن تصاعدی ماده آلی خاک با کاربری فشرده اراضی، عملیات کشاورزی و تغییرات کاربری اراضی می‌باشد (Lado and Ben-Hur, ۲۰۰۹). افزایش ساختمان خاک به طور کلی منجر به افزایش پایداری و حاصلخیزی خاک می‌شود. خصوصیات هیدرولیکی خاک با اثرات متقابل سیال و اجزای خاک تحت تاثیر قرار می‌گیرد، و انتقال و نگهداشت عناصر محلول در پروفیل خاک را تغییر می‌دهد. هدایت هیدرولیکی یکی از اندازه‌گیری‌های اساسی از جریان آب در خاک است.هدایت هیدرولیکی اشباع امکان‌پذیری اقتصادی و تکنیکی پروژه‌های زهکشی زیرسطحی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Fernandez-Galvez et al.,۲۰۱۲).واضح است که بقایای آلی به کار رفته در خاک‌ها، ساختمان آن‌ها را بهبود می‌بخشند و عواملزیستیبرتشکیلوپایداری آن موثرند. افزودن مواد راحت تجزیه شونده، باعث ایجاد انگیزشسریع در ریزجانوران خاک می‌شود که به نوبه خود، افزایش معنی‌داری در تشکیل و پایداری خاکدانه و در نتیجه بهبود ساختمان خاک و هدایت هیدرولیکی را سبب می‌گردد (Roldan et.al.,۱۹۹۴). کاربرد پسماندهای آلی صنعتی و شهری، مانند لجن فاضلاب شهری، یکی دیگر از روش‌های موثر جهت افزایش کربن آلی خاک است (Metzger andYaron, ۱۹۸۷). امروزه علاقه به کاربرد ریزجانداران تولیدکننده پلی‌ساکارید و تجزیه‌کننده مواد آلی جهت بهبود ساختمان خاک در کشاورزی افزایش یافته است، اما مطالعات بسیار محدودی در زمینه کاربرد همزمان مواد آلی و ریزجانداران تجزیه‌کننده و بررسی اثر آن‌ها بر خصوصیات فیزیکی خاک صورت گرفته است. با توجه به اهمیت تجزیه مواد آلی توسط ریزجانداران و نقش این فرآیند در بهبود ساختمان خاک، مطالعه حاضر، اثرات اصلی و متقابل تلقیح باکتریباسیلوسبر تجزیه پساب صنعتی حاوی نشاسته، در دو سطح ۵/۰ و ۱ درصد، را بر تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک، در دوره‌های کوتاه و میان‌مدت یک، دو، چهار، و هشت ماههمورد بررسی قرار داده است.

مواد و روش‌ها
خاک مورد نیاز به صورت نمونه مرکب از لایه سطحی (عمق ۲۰-۰سانتی‌متر) اراضی مزرعه‌ی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، در اوایل آبان‌ماه ۱۳۸۹ پس از برداشت محصول تهیه شد. نمونه خاک پس از هوا خشک شدن، به منظور آزمایش خوابانیدن گلدانی از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد.
مقدار پساب صنعتی در دو سطح بر مبنای درصد کربن موجود در کلش(معادل ۱۵ و ۳۰ تن بقایا در هکتار) محاسبه شد. به این ترتیب که درصد کربن موجود در پساب توسط دستگاه تجزیه‌کننده کربن، نیتروژن، هیدروژن اندازه‌گیری و مقدار کربن برای گلدان‌های ۵/۱ کیلوگرمی محاسبه شد. سپس مقادیری از پساب که حاوی درصد کربن برابر با هر یک از دو سطح بقایا بود، محاسبه و در نظر گرفته شد. پساب کارخانه، با توجه به قابلیت فاسد شدن سریع آن، یک روز پیش از تلقیح، از کارخانه کیش‌چیپس ساوه (چیپس مزمز) تهیه شد. از آنجا که افزودن مواد آلی و عمل تلقیح می‌بایست طی یک مرحله و به صورت هم‌زمان انجام می‌شد، پساب با دستگاه سانتریفیوژ تغلیظ شده و به صورت پودری مورد استفاده قرار گرفت.
جهت تهیه زادمایه تلقیح باکتریایی از محیط کشت نوترینت براث استفاده شد. جمعیت باکتری پس از ۱۲ ساعت، به روش کدورت‌سنجی اندازه‌گیری و به غلظت $۱۱/۲ \times ۱۰^{۸}$ کلنی در هر میلی‌لیتر زادمایه (تیوب ۷ مک‌فارلند) رسانیده شد.

برای این تحقیق از گلدان‌های ۵/۱ کیلوگرمی استفاده شد. در هر مرحله مایه تلقیح‌های آماده شده در اولین فرصت به مقدار ۲۰ درصد به طور مستقیم به مواد آلی، و در مورد تیمارهای بدون مواد آلی با خاک، تلقیح شدند. به منظور یکسان نمودن نسبت کربن به نیتروژن و رساندن آن به حدود ۳۰، از نیترات آمونیوم استفاده شد. گلدان‌ها طی دوره خوابانیدن، در گلخانه در دمای ۳۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری، و میزان رطوبت آن‌ها طی دوره آزمایش، بین ۷۰-۵۰ درصد ظرفیت زراعی نگه داشته شد.

جهت اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع از روش بار ثابت (Klute and Dirksen, ۱۹۸۶) استفاده شد. در این روش، هر استوانه فلزی حاوی نمونه خاک دست‌نخورده مدت ۲۴ ساعت به صورت کاپیلاری، توسط کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار اشباع گردید. سپس یک بار ثابت آبی بر روی نمونه‌های اشباع برقرار گردید. وزن محلول خارج شده از نمونه در فواصل زمانی مختلف اندازه‌گیری شد. در انتها با استفاده از معادله چگالی محلول و نیز معادله جریان دارسی مقدار جریان عمودی در حالت اشباع محاسبه گردید.

نتایج و بحث

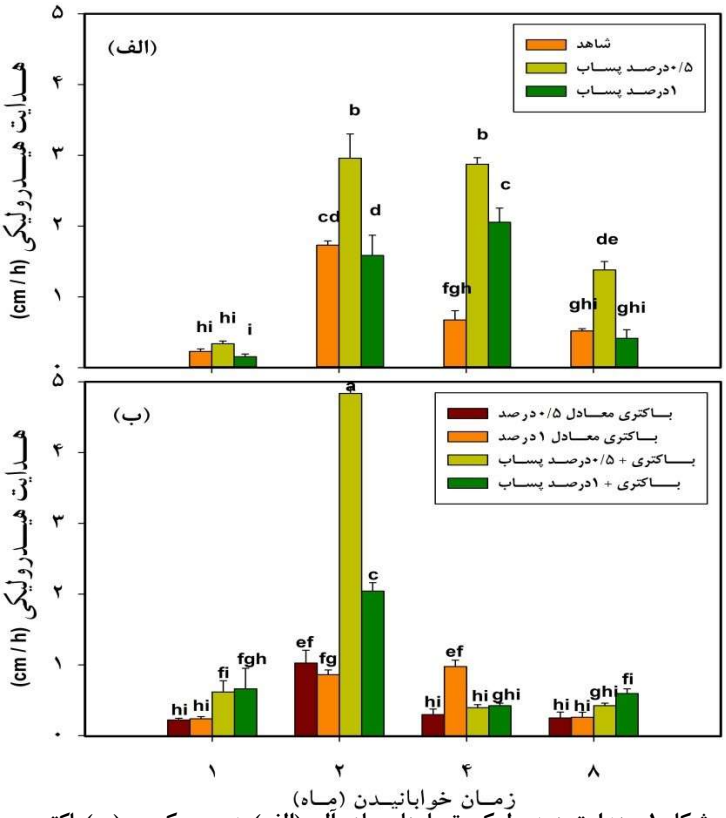
با توجه به جدول تجزیه واریانس هدایت هیدرولیکی (جدول ۱)، مشاهده می‌شود که تمامی عوامل اصلی، دوطرفه، و سه طرفه بر هدایت هیدرولیکی خاک مورد نظر اثر معنی‌داری دارند. از آنجاکه اثرات سه‌طرفه عوامل، تفاوت‌های معنی‌داری در هدایت هیدرولیکی تیمارها ایجاد نموده است، جهت رسم نمودارها از اثرات سه‌طرفه استفاده شده است. بیشترین و کمترین هدایت هیدرولیکی به ترتیب مربوط به تیمار باکتری + ۵/۰ درصد پساب، در ماه دوم دوره خوابانیدن و کمترین آن در تیمار ۱ درصد پساب در ماه اول دوره خوابانیدن، به ترتیب با مقادیر ۸۳/۴ و ۱۵۵/۰ سانتی‌متر بر ساعت مشاهده شده است.شکل شماره (۱) هدایت هیدرولیکی تیمارها را در چهار زمان نشان می‌دهد و مقایسه میانگین بین تیمارها در چهار زمان می‌باشد.

بیشترین هدایت هیدرولیکی تیمارهای بدون میکروب، در تیمار ۵/۰ درصد پساب و در ماه دوم دوره خوابانیدن با مقدار ۹۶/۲ سانتی‌متر بر ساعت مشاهده شده است. هدایت هیدرولیکی تیمار شاهد در ماه دوم افزایش یافته و سپس در ماه چهارم کاهش شدیدی نشان می‌دهد. این کاهش در ماه هشتم با شدت کمتر ادامه می‌یابد. تیمار ۵/۰ درصد پساب در ماه اول، مقدار بیشتری نسبت به تیمار شاهد و ۱ درصد پساب داشته است هر چند این اختلاف در مقایسه میانگین معنادار نبوده است. هدایت هیدرولیکی تیمارهای پساب به شدت در ماه دوم افزایش یافته، در ماه چهارم تقریبا ثابت مانده و در ماه هشتم روند کاهشی داشته است. افزایش قابل توجه مقادیر هدایت هیدرولیکی در ماه دوم و چهارم، احتمالا به دلیل تغییر در اندازه خلل و فرج است که ممکن است ناشی از تغییرات فراوانی خاکدانه‌ها و همچنین نحوه قرارگرفتن مواد آلی در ستون خاک باشد. به ویژه در مراحل ابتدایی دوره خوابانیدن که هنوزبه خوبی مورد تجزیه فیزیکی قرار نگرفته‌اند و اثرات پایداری بر خصوصیات هیدورلیکی خاک را باعث نشده‌اند.

جدول ۱- تجزیه واریانس هدایت هیدرولیکی(Ks)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات هدایت هیدرولیکی
زمان	۳	۸۲/۱۴**
میکروب	۱	۴۶/۱**
ماده آلی	۳	۲۰/۶**
زمان × میکروب	۳	۰۷/۲**
زمان × ماده آلی	۹	۵۷/۱**
میکروب × ماده آلی	۳	۰۶/۰ ns
زمان × میکروب × ماده آلی	۹	۷۰/۱**
خطا	۶۴	۰۵۶/۰

**معنی‌دار در سطح ۰۱/۰ ns غیرمعنی‌دار



شکل ۱- هدایت هیدرولیکی تیمارهای ماده آلی (الف) بدون میکروب (ب) باکتری
مقایسه میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵% می باشد.
باکتری معادل ۰/۵% و باکتری معادل ۱% :به ترتیب مایه تلقیح برابر با تیمارهای حاوی ۰/۵% و ۱% ماده آلی

بیشترین هدایت هیدرولیکی تیمارهای باکتریایی، در تیمار ۰/۵ درصد پساب و در ماه دوم دوره خوابانیدن، و کمترین آن در تیمار باکتری معادل ۰/۵ درصد و در ماه اول دوره با مقدار ۲۲/۰ سانتی‌متر بر ساعت مشاهده شده است. هدایت هیدرولیکی در تیمار باکتری معادل ۰/۵ و ۱ درصد در ماه اول مقداری یکسان و تقریبا برابر با تیمار شاهد بوده‌اند اما در سایر زمان‌ها، مقادیر نسبتا کمتری نسبت به شاهد داشته‌اند. احتمالا به دلیل افزایش جمعیت میکروبی خاک و استفاده از ذخیره‌ی ماده آلی موجود در خاک، با کاهش تدریجی و تجزیه بیشتر آن، هدایت هیدرولیکی در این تیمارها به مقادیری کمتر از شاهد کاهش یافته است. هدایت هیدرولیکی تیمار باکتری معادل ۰/۵ درصد، پس از افزایش در ماه دوم، در ماه چهارم کاهش یافته و سپس در ماه هشتم نسبتا ثابت باقی مانده است. در مورد تیمار معادل ۱ درصد، افزایش در مقدار هدایت هیدرولیکی در ماه دوم رخ داده و تا ماه چهارم بدون تغییر باقی مانده است، سپس در ماه هشتم کاهش یافته و دوباره مقدار برابر با تیمار معادل ۰/۵ درصد نشان داده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات در خصوصیات فیزیکی خاک‌های با جمعیت میکروبی بیشتری، در فاصله زمانی کمتری به حالت پایدارتری رسیده است. تیمارهای باکتری + ۰/۵ و ۱ درصد پساب در ماه اول مقدار هدایت هیدرولیکی یکسان و تقریبا دو برابر شاهد داشته‌اند. این مقدار در تیمار ۰/۵ درصد پساب در ماه دوم به شدت افزایش یافته و سپس در ماه چهارم کاهش قابل توجهی داشته و در ماه هشتم ثابت باقی‌مانده است. اگرچه روند تغییرات هدایت هیدرولیکی تیمار باکتری + ۱ درصد پساب نیز در ماه دوم افزایشی بوده، اما همچنان مقدار کمتری نسبت به تیمار ۰/۵ درصد آن داشته و در ادامه دوره خوابانیدن تقریبا با مقدار هدایت هیدرولیکی تیمار باکتری + ۰/۵ درصد پساب برابر بوده است.

درمجموع می‌توان گفت بیشترین مقادیر هدایت هیدرولیکی در ماه دوم در تیمارهای باکتریایی مشاهده شده است. اثر باسیلوس تلقیح شده و نیز کاربرد پساب بر بهبود هدایت هیدرولیکی تیمارها به خوبی مشخص و مطابق با اثرات اصلی هر کدام از عوامل به کار رفته است.

علاوه بر این، بیشتر بودن مقدار هدایت هیدرولیکی در تیمار باکتری و پساب نیز می‌تواند تفاوت اثر خاکدانه‌سازی را بر تغییر ساختمان خاک و در نتیجه افزایش هدایت هیدرولیکی نمایان سازد. در فاصله دو ماه ابتدای دوره، بخش‌های فعال ماده آلی مورد تجزیه میکروبی قرار گرفته و باعث افزایش تشکیل خاکدانه‌ها در ماه دوم شده‌اند (Majumder and Kuzyakov, ۲۰۱۰). ماجومدر (۲۰۱۰) بیان می‌کند که احتمالا پس از اتمام این بخش‌ها، فراوانی خاکدانه‌ها کاهش یافته و دوباره با آغاز تجزیه بخش‌های دیرتجزیه در

انتهای دوره، با افزایش خاکدانه‌های درشت، هدایت هیدرولیکی نیز افزایش داشته است. در تیمارهای بدون باکتری، در هر چهار زمان مورد مطالعه، مقادیر هدایت هیدرولیکی تیمار ۱ درصد پساب همواره کمتر از تیمار ۵/۰ درصد پساب بوده است. این تغییر، برخلاف تاثیر این ماده آلی زودتجزیه‌شونده بر تشکیل خاکدانه و بهبود ساختمان خاک، ممکن است در اثر پر شدن تعداد بیشتری از منافذ ریز خاک توسط پودر پساب باشد؛ چنانچه در بررسی تیمارهای باکتریایی، افزودن پساب ۱ درصد و باکتری باسیلوس، نه تنها اثر منفی بر هدایت هیدرولیکی نداشته است، بلکه مقدار آن را در ماه دوم به شدت افزایش داده است. به نظر می‌رسد با تجزیه سریعتر سطح ۱ درصد این ماده به همراه باکتری، در زمان زودتر از دو ماه به حداکثر رسیده و سپس هدایت هیدرولیکی در ماه چهارم و هشتم، کاهش قابل توجهی داشته است. این روند افزایش و کاهش، در تیمار قارچ و ۵/۰ درصد پساب، با تاخیر از ماه دوم آغاز می‌شود. با توجه به اثر قابل توجه تشکیل خاکدانه‌ها بر افزایش هدایت هیدرولیکی می‌توان بیان نمود که تشکیل درشت خاکدانه‌ها طی مصرف و تجزیه بقایا یک فرآیند سریع و ناپایدار است. با مصرف شدن بخش سهل الوصول‌تر کربن در دسترس و کاهش فعالیت میکروبی، تخریب درشت‌خاکدانه‌های تازه تشکیل شده آغاز می‌شود، زیرا ریزجانداران شروع به استفاده از کربن تازه موجود (پلی‌ساکاریدهای اتصال دهنده و موسیلاژها) در درشت‌خاکدانه‌ها می‌نمایند (Helfrich et al., ۲۰۰۸).

منابع

Fernandez-GalvezJ., GalvezA., Pena A. andMingoranceM.D. ۲۰۱۲.Soilhydrophysicalpropertiesresultingfrom theinteractionbetweenorganicAmendmentsandwaterqualityinsoilsfromSoutheasternSpain— Alaboratoryexperiment. AgriculturalWater Management, ۱۰۴: ۱۰۴-۱۱۲.

Helfrich M., Ludwig B., Potthoff M. and Flessa H. ۲۰۰۸.Effect of litter quality and soil fungi on macroaggregate dynamics and associated partitioning of litter carbon and nitrogen. Soil Biology and Biochemistry, ۴۰ : ۱۸۲۳-۱۸۳۵.

Klute A. and Dirksen C. ۱۹۸۶.Hydraulic conductivity and diffusivity. In: Klute A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part ۱.Physical and Mineralogical Methods, second Ed. Agronomy Monographs, ۹. ASA-SSA, Madison, WI: ۶۸۷-۷۳۴.

Lado M. and Ben-Hur M.۲۰۰۹.Treated domestic sewage irrigation effects on soil hydraulic properties in arid and semiarid zones: a review.Soil and Tillage Research, ۱۰۶: ۱۵۲-۱۶۳.

Majumder B. and Kuzyakov Y. ۲۰۱۰. Effect of fertilization on decompositionof ۱۴C labelled plant residues and their incorporation into soil aggregates. Soil and Tillage Research, ۱۰۹: ۹۴-۱۰۲.

Metzger L. and YaronB. ۱۹۸۷.In uence of sludge organic matter on soil physical properties. Advance Soil Science, ۷: ۱۴۱-۱۶۳.

Roldan A., Garcfa-orenes F. and Lax A. ۱۹۹۴.An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. Soil Biology and Biochemistry, ۲۶ (۱۲): ۱۶۹۹-۱۷۰۷.

Abstract

Applying the organic residues in soil, enhances the biological activities, and improves soil structure. This study was conducted to investigate the effects of interaction betweenstarch included waste water of potato chips factory and *bacillus* bacteriaon changes in hydraulic conductivity.One and ۰.۵% of organic materials (w/w) were inoculated with ۲۰ % of inoculums (v/w)consist of ۲.۱۱*۱۰^۸ bacterial colonies per ml and then were mixed into soil and incubated under greenhouse condition for eight months. Hydraulic conductivity was determined at four intervals after incubation by constant head method.The results confirmed that addition of starch included waste water, depending on their quantity, increased hydraulic conductivity and extended it to the maximum. *Bacillus* Bacteriaacceleratedstarch included waste water decomposition and leaded to significant increase inhydraulic conductivityin second month.After consuming readily available parts of organic material by microorganisms, hydraulic conductivitywas decreased at fourth and eighth month.