تشکیل خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر در پاسخ به افزودن ماده آلی و قارچ تریکودرما

مرمر ثابتی زاده [۱]، منوچهر گرجی [۲]، 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
اندام‌های رشته‌ای ریزجانداران می‌توانند نقش مهمی در تشکیل و تثبیت خاکدانه‌ها ایفا کنند. در این تحقیق اثر قارچ تریکودرما در تجزیه کلش و پساب حاوی نشاسته، بر تشکیل درشت‌خاکدانه‌ها طی یک آزمایش دو ماهه گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. مواد آلی مورد نظر در دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد وزنی و حجم زادمایه نیز معادل ۲۰ درصد (حجمی- وزنی) ماده آلی در نظر گرفته شد. توزیع اندازه خاکدانه‌ها با استفاده از سری الک خشک در ۶ بخش اندازه‌ای مختلف اندازه‌گیری شد. خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر در تیمارهای مختلف، طی دوره خوابانیدن تشکیل شدند. نتایج نشان داد که کاربرد همزمان مواد آلی و قارچ، تشکیل خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر را افزایش داده و به طور کلی مقدار این افزایش در تیمارهای حاوی کلش بیشتر از تیمارهای حاوی پساب بوده است. قارچ تریکودرما تجزیه بقایای گندم را سرعت بخشیده و در نتیجه منجر به افزایش چشمگیری در تشکیل خاکدانه‌ها در ماه دوم می‌شود.

واژه های کلیدی: پساب، توزیع اندازه خاکدانه، قارچ تریکودرما، کلش گندم.

مقدمه
ساختمان خاک، در مدیریت پایدار آن نقش اساسی دارد و می‌تواند با اصطلاحات اندازه، شکل و پایداری تعریف شود. اندازه خاکدانه‌ها، پایداری و خلل و فرج بین آن‌ها، حرکت و نگهداشت آب، تهویه، فرسایش، فعالیت زیستی و رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ساختمان خاک خود تحت تاثیر تعدادی از خصوصیات خاک برای مثال بافت، مقدار کربن آلی) و فعالیت بخش زیستی خاک قرار دارد. توسعه خاکدانه‌ها می‌تواند در مدل سلسه مراتبی دیده شود؛ که از ذرات اولیه آغاز، و به سوی ریزخاکدانه‌ها (کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر) تا درشت‌خاکدانه‌ها (بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر) ادامه می‌یابد. درشت‌خاکدانه‌ها توسط نیروهای اتصال زیستی، مانند ریشه‌ی گیاهان، هیف‌های قارچ‌ها و ترشحات آنها ایجاد می‌شوند. یکی از روش‌های غیرمستقیم ارزیابی ساختمان خاک که از پر کاربردترین روش‌های معمول نیز به حساب می‌آید، تعیین توزیع اندازه خاکدانه‌ها و شاخص پایداری آن‌ها است (Tisdall and Oades, ۱۹۸۲).
عوامل زیستی شامل ریشه گیاهان، میکروب‌ها و فون خاک بر تشکیل و پایداری خاکدانه موثرند. بقایای گندم یکی از مواد آلی است که به خاک افزوده می‌شود. کلش عمدتا توسط قارچ‌های پوده‌دوست تجزیه می‌شود (Bowfn and Harper, ۱۹۹۰) و پس از کاربرد آن، مکان‌هایی با فعالیت زیستی زیاد در خاک ایجاد می‌گردد (Poll et al., ۲۰۰۸). افزودن مواد راحت تجزیه شونده، باعث ایجاد انگیزش سریع 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، از روش‌های موثر جهت افزایش کربن آلی خاک است (Metzger and Yaron, ۱۹۸۷). باکتری‌ها، هیف‌ها، قارچ‌های مایکوریز آربوسکولاری و قارچ‌های *saprophytic* ، به صورت زنده یا مرده، میکروب‌های اصلی در خاکدانه‌سازی به شمار می‌روند (Tisdall and Oades, ۱۹۸۲). کاربرد ریزجانداران تولیدکننده پلی‌ساکارید و تجزیه‌کننده مواد آلی جهت بهبود ساختمان خاک در کشاورزی افزایش یافته است، اما مطالعات محدودی در زمینه کاربرد همزمان مواد آلی و ریزجانداران تجزیه‌کننده و بررسی اثر آن‌ها بر خصوصیات فیزیکی خاک صورت گرفته است. هدف این تحقیق مطالعه اثرات اصلی و متقابل تلقیح قارچ تریکودرما بر تجزیه کلش و پساب و توزیع اندازه خاکدانه‌ها و بررسی نحوه اثرگذاری طول دوره کوتاه مدت خوابانیدن، بر تغییرات توزیع اندازه خاکدانه هاست.

مواد و روش‌ها
خاک مورد نیاز به صورت نمونه مرکب از لایه سطحی (عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر) اراضی مزرعه‌ی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دراوایل 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.
کلش در اندازه ۴-۲ سانتی‌متر خرد شد و دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد (معادل ۱۵ و ۳۰ تن بقایا در هکتار) در تیمارها مورد استفاده قرار گرفت. به منظور یکسان بودن مقدار منبع کربنی در دسترس ریزجانداران، و امکان مقایسه مواد آلی بر اساس قابلیت تجزیه‌پذیری آن‌ها، مقدار پساب صنعتی بر مبنای درصد کربن موجود در کلش محاسبه 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.

با توجه به توانایی‌های قارچ تریکودرما در تجزیه بقایای آلی و رشد سریع، ترکیبی از دو سویه Trichoderma harzianum و Trichoderma reesei ، و با توجه به نتایج آزمایش‌های توانایی تجزیه کلش انتخاب گردید. جهت تهیه زادمایه تلقیح قارچی، سوسپانسیون اسپوری از دو سویه Trichoderma harzianum و reesei تهیه و تعداد اسپورها نیز به ۱۰۸ × ۱۱/۲ رسانیده شد؛ مقدار یک درصد از سوسپانسیون به محیط پوتیتو دکستروز افزوده شد و به مدت ۲۴ ساعت گرماگذاری شدند تا دانه‌های سفید رنگ قارچی در محیط پدیدار شود. برای این تحقیق از گلدان‌های ۵/۱ کیلوگرمی استفاده شد. مایه تلقیح 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. 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.

توزیع اندازه خاکدانه‌ها، با استفاده از الک خشک (Cole, ۱۹۳۹) صورت گرفت. بدین منظور بخشی از نمونه های هوا خشک از الک ۸ میلی متری عبور داده شد. کلیه محتویات زیر این الک به سری الک‌های ۴، ۲، ۱، ۰/۵، و ۰/۲۵ میلی‌متر منتقل و سپس بر روی دستگاه الک خشک[۳۸] قرار داده شدند. خاک‌ها با دوره نوسان ۵، به مدت ۳۰ ثانیه در دستگاه الک خشک مدل OCTAGON ۲۰۰ الک شدند. خاکدانه‌های باقیمانده روی هر یک از الک ها به دقت جمع‌آوری و توزین شدند. درصد توزیع اندازه خاکدانه‌ها با فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\%ASD = \frac{W_i}{Wt} \times 100 \qquad (۱)$$

در این فرمول درصد ASD : درصد توزیع اندازه خاکدانه‌ها، W_i : وزن خاکدانه‌ها در اندازه‌ی i (گرم)، و : W_t وزن کل خاک مورد استفاده (گرم) در الک است.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس توزیع اندازه خاکدانه‌ها (جدول ۱)، مشاهده می‌شود که اثر اصلی زمان بر خاکدانه‌های کوچکتر از ۰/۲۵ میلی‌متر، اثر اصلی میکروب بر خاکدانه‌های ۴-۲ و کوچکتر از ۰/۵ میلی‌متر، و اثر ماده آلی بر خاکدانه‌های ۲-۱ میلی‌متر غیرمعنی‌دار هستند. در میان اثرات دو طرفه، اثر زمان× میکروب تنها بر خاکدانه‌های ۲-۱ و ۱-۰/۵ میلی‌متر معنادار است؛ در حالی‌که اثرات زمان× ماده آلی، تنها بر خاکدانه‌های ۲-۱ میلی‌متر و همچنین اثرات ماده آلی× میکروب بر خاکدانه‌های ۴-۲ میلی‌متر و خاکدانه‌های کوچکتر از ۰/۵ میلی‌متر معنی‌دار نبود. اثر سه‌طرفه عوامل، تنها بر خاکدانه‌های ۴-۲ میلی‌متر معنادار بوده است و بر درصد فراوانی خاکدانه‌های دیگر، تفاوت‌های معنی‌داری نشان نداده‌است، به همین دلیل و با توجه به اهمیت این خاکدانه‌ها در خصوصیات فیزیکی خاک؛ در رسم نمودارها (سه‌طرفه) تنها تغییرات توزیع اندازه‌ی این خاکدانه‌ها ذکر شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس توزیع اندازه خاکدانه‌ها (ASD)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات درصد فراوانی خاکدانه‌ها در اندازه‌های مختلف (میلی‌متر)					
		بزرگتر از ۴	۴-۲	۲-۱	۱-۰/۵	۰/۵-۰/۲۵	کوچکتر از ۰/۲۵
زمان	۱	۱۲/۴۹ **	۰۶/۵۲**	۹۹/۸*	۸۲/۲۱**	۵۱/۱۲**	۱۰/۹ ns
میکروب	۱	۷۴/۷۳**	۴۲/۱ ns	۳۸/۸*	۲۳/۱۴**	۸۸/۳ ns	۳۰/۱ ns
ماده آلی	۳	۵۶/۷۹**	۰۵/۲۴**	۶۲/۲ ns	۳۵/۱۸**	۸۱/۲۱**	۰۱/۳۳ **
زمان × میکروب	۱	۵۲/۳ ns	۴۸/۰ ns	۶۹/۱۸**	۵۳/۶*	۶۶/۱ ns	۳۹/۱۹ ns
زمان × ماده آلی	۳	۳۶/۲۶۲**	۱۱/۳۸**	۳۶/۰ ns	۹۵/۳۷**	۱۳/۵۲**	۰۵/۸۳**
میکروب × ماده آلی	۳	۶۲/۱۷*	۳۴/۱ ns	۴۱/۶**	۲۶/۳*	۰۲/۱ ns	۴۶/۲ ns
زمان × میکروب × ماده آلی	۳	۳۶/۳۶ **	۱۱/۴ ns	۸۹/۱ ns	۶۱/۲ ns	۷۱/۳ ns	۶۲/۱۲ ns
خطا	۴۸	۲۷/۶	۱۷/۳	۷۴/۱	۱۴/۱	۷۵/۱	۵۹/۵

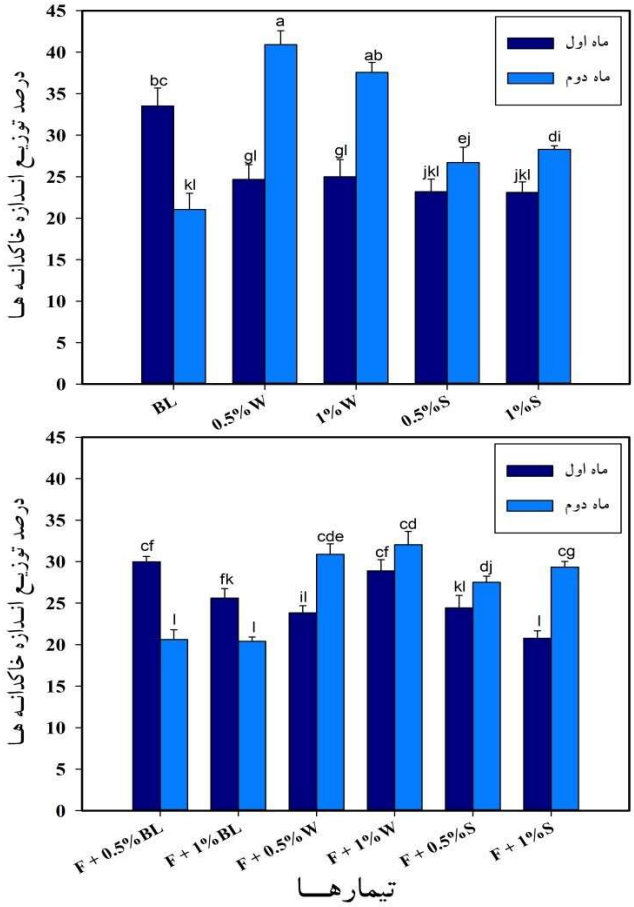
** معنی‌دار در سطح ۰۱/۰ * معنی‌دار در سطح ۰۵/۰ ns غیرمعنی‌دار

شکل شماره (۱) فراوانی خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر را در دو زمان، ماه اول و دوم نشان می‌دهد. مقایسه میانگین بین خاکدانه‌ها در هر دو زمان و در تیمارهای متفاوت انجام شده است. با توجه به این‌که خاک مورد استفاده در این آزمایش از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شده بود، می‌توان نتیجه گرفت که خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر در تیمارهای مختلف، طی دوره خوابانیدن تشکیل شده‌اند. بیشترین درصد فراوانی در خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر، در تیمار ۰/۵ درصد کلش، بدون میکروب و ماه دوم دوره (۹۱/۴۰ درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار قارچ معادل ۱ درصد، در ماه دوم مشاهده شده است. تاثیر بیشتر تیمار

[۳۸] Test Sieve Shaker

آلی کلش خرد شده نسبت به پساب، در ساخت خاکدانه‌های بزرگ می‌تواند در اثر مصرف بیشتر این ماده توسط قارچ‌های خاکزی و اثر هیف‌دوانی آنها در اتصال ذرات کوچکتر و تشکیل خاکدانه‌های بزرگتر دانست.

با توجه به این‌که فراوانی خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر در تیمارهای بدون ماده آلی در ماه اول دارای بیشترین مقدار خود، و در تیمارهای حاوی گندم در ماه دوم به مقدار بیشینه خود رسیده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که در تیمارهای بدون کلش و پساب، مصرف ترکیبات آلی زودتجزیه‌شونده از ذخیره‌ی ماده آلی خاک، موجب ساخت خاکدانه‌های بزرگتر در ماه اول شده و به تدریج با گذشت زمان، با مورد استفاده قرار گرفتن مواد آلی درگیر در اتصال ذرات به یکدیگر، فراوانی این نوع خاکدانه‌های تازه تشکیل شده کاهش یافته است. در حالیکه در تیمارهای حاوی ماده آلی، تجزیه بخش‌های فعال کلش و پساب در ماه دوم مورد تجزیه میکروبی قرار گرفته و باعث افزایش درصد خاکدانه‌ها شده‌اند (Majumder and Kuzyakov, ۲۰۱۰)؛ که شدت این افزایش در مورد تیمارهای دارای کلش به مراتب بیشتر از تیمارهای حاوی پساب بوده است.



شکل ۱- درصد توزیع اندازه خاکدانه های بزرگتر از ۴ میلی‌متر در تیمارهای مختلف در دو زمان (یک و دو ماه)
مقایسه میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵% می باشد.
شاهد: ۵/۰% BL، کلش: ۰.۵% W، ۱% W ، ۵/۰% پساب: ۰.۵% S، ۱% S، قارچ معادل ۵/۰: F+۰.۵%BL، قارچ معادل ۱%: F+۱%BL، قارچ+۵/۰% کلش: F+۰.۵%W، قارچ+۱% کلش: F+۱%W ، قارچ+۵/۰% پساب: F+۰.۵%S، قارچ+۱% پساب: F+۱%S

بوسیوت و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که زیتوده قارچی، بیشتر در تیمارهای دارای بقایای با کیفیت پایین مشاهده می‌شوند در حالیکه زیتوده باکتریایی بیشتر در بقایای با کیفیت بالا حضور دارند. این موضوع می‌تواند دلیلی برای افزون بودن خاکدانه‌های بزرگتر از ۴ میلی‌متر در تیمارهای کلش در ماه‌های اول و دوم، نسبت به تیمارهای دارای پساب باشد. احتمالا بالاتر بودن درصد فراوانی این خاکدانه‌ها در تیمارهای کلش بدون قارچ در ماه دوم آزمایش به دلیل رقابت ایجاد شده بین ریزجانداران بومی خاک و قارچ تریکودرما در مصرف کلش در بازه‌ی ماه اول دوره است. در تحقیقات انجام شده توسط بوسیوت و همکاران (۲۰۰۱)، افزودن قارچ‌کش به همراه

بقایای با کیفیت‌های متفاوت، تشکیل خاکدانه‌های درشت را متوقف نموده بود. این مطلب با یافته‌های سایر محققین، مبنی بر اثر قابل توجه قارچ‌ها بر تشکیل درشت‌خاکدانه‌ها هم‌خوانی دارد. در بر گرفتن ذرات توسط هیف‌ها اغلب به عنوان مهم‌ترین اثر قارچ‌ها در تشکیل خاکدانه‌ها ذکر شده است (Molope et at., ۱۹۸۶).

منابع

Bossuyt H., Denef K., Six J., Frey S.D., Merckx R. and Paustian K. ۲۰۰۱. In uence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. Applied Soil Ecology, ۱۶: ۱۹۵-۲۰۸.

Bowfn R.M. and Harper S.H.T. ۱۹۹۰. Decomposition of wheat straw and related compounds by fungi isolated from straw in arable soils. Soil Biology and Biochemistry, ۲۲(۳): ۳۹۳-۳۹۹.

Cole, R.H. ۱۹۳۹. Soil macrostructure as affected by cultural treatment. Hilgardia, ۱۲: ۴۲۹-۴۷۹.

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

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

Molope M.B. And Page E.R. ۱۹۸۶. The contributions of fungi, bacteria and physical processes in the development of aggregate stability of a cultivated soil. In: Lopez-Real JM. And Hodges RD. (Eds). The Role of Microorganisms in a Sustainable Agriculture. A.B. Academic Publishers, Berkhamstead, UK.

Poll C., Marhan S., Ingwersen J. and Kandeler E. ۲۰۰۸. Dynamics of litter carbon turnover and microbial abundance in a rye detritusphere. Soil Biology and Biochemistry, ۴۰: ۱۳۰۶-۱۳۲۱.

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.

Tisdall J.M. and Oades J.M., ۱۹۸۲. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Science ۳۳: ۱۴۱-۱۶۳.

Abstract

Filamentous organs of microorganisms play an important role in aggregate formation and stabilization.. In this study, the effects of Trichoderma fungus and its simultaneous application on decomposition of grounded wheat residue and starch included waste water of potato chips factory on formation of macro-aggregates were investigated during two months test. One and ۰.۵% of organic materials (w/w) were inoculated with ۲۰% of inoculums (v/w) and then were mixed into soil and incubated for two months under greenhouse condition. Aggregate Size Distribution (ASD) was measured by a shaker sieve for six aggregate size fractions. The results confirmed that simultaneous application of organic materials and fungus could improve the formation of aggregate larger than ۴ mm in short-term periods. This improvement was significantly higher in wheat residue rather than starch included waste water. Trichoderma fungus speeded up wheat residue decomposition and leaded to significant increase in aggregate formation in second month.