نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص. ۱۸-۱۲

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 1, Spring 2010, p. 12-18

بررسی توانایی تجزیه زیستی کاه و کلش گندم (*Tritichum aestivum* L.) توسط گونه‌های مختلف جنس تریکودرما (*Trichoderma* spp.)

علی رضا آستارایی[1*]، محمد فارسی[2]، علی پاکدین پاریزی[3]، مرجان قائمی[4] و فرنوش فلاح‌پور[5]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش:۸۹/۳/۲۲

چکیده

استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی بعلت بازیافت و امکان تولید مواد با ارزش افزوده، مزایای اقتصادی و اکولوژیکی فراوانی را دارا می باشد. استفاده از روش بیولوژیکی به منظور تجزیه ضایعات کشاورزی روشی جدید برای بهبود قابلیت هضم این مواد و تسهیل تجزیه توسط سایر میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. دراین مطالعه قابلیت تجزیه زیستی چندین گونه و همچنین جدایه از جنس تریکودرما روی کاه و کلش گندم انجام شد. دو هفته پس از تلقیح حدایه ها به کاه وکلش، خشک کردن آنها در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد، نمونه‌ها را وزن کرده و کاهش فیبرهای شوینده اسیدی (ADF) و فیبرهای شوینده خنثی (NDF) برای هر نمونه در اثر رشد قارچ در مقایسه با نمونه شاهد بررسی گردید. نتایج نشان داد که تجزیه زیستی ضایعات گیاهی به گونه قارچی و حتی جدایه آن بستگی دارد. NDF و ADF کاه و کلش گندم توسط گونه‌های تریکودرما ریسه‌ای، لانگی‌براچیاتوم بیشتر از سایر گونه‌ها کاهش یافت. بطور کلی کاهش NDF ضایعات کشاورزی توسط قارچ نسبت به ADF بیشتر بود. اگرچه تریکودرما ریسه‌ای مقدار ADF کاه و کلش گندم را کاهش بیشتری داد. بنابراین برای بهبود قابلیت هضم و همچنین کوتاه نمودن مدت زمان کمپوست سازی، تیمارکردن کاه وکلش و بقایای گندم با قارچ تریکودرما و بویژه گونه‌های ریسه‌ای و لانگی‌براچیاتوم می‌تواند از کارآیی بهتری برخوردار باشد.

کلمات کلیدی: بقایای گندم، فیبرهای شوینده اسیدی، فیبرهای شوینده خنثی، قارچ

مقدمه

افزایش تولید ضایعات در سطح جهان، بیشترین نگرانی ها را در سطوح مختلف جمعیتی ایجاد نموده است. پیشنهادات متفاوتی در جهت تقلیل این ضایعات بوسیله حذف، پالایش و یا بازیافت آنها ارایه شده است. راهکار جدید مدیریتی محیط براساس بازیافت این ضایعات می باشد. به نظر می رسد کمپوست سازی می تواند روش مناسبی در پاسخ به بعضی از ضایعات و احیای مواد غذایی موجود در آنها باشد (Ashraf et al., 2007). اکثر مواد زاید کشاورزی، صنعتی و خانگی سرشار از مواد آلی (عمدتاً سلولز، همی سلولز و لیگنین) هستند. مواد لیگنوسلولزی از فراوانترین ضایعات کشاورزی در جهان بوده و این مواد با فتوسنتز همواره در حال تجدید می‌باشند (Jalk et al.,1987) et al., 1998; Brown. مواد آلی عموماً در شکل اصلی خود ارزش غذایی اندکی دارند، اما در اثر تجزیه بیولوژیکی، بستر مناسبی برای سایر میکروارگانیسم ها و نشخوارکنندگان ایجاد می کنند. تجمع این مواد در هر محیطی به دلیل ماهیت دیرتجزیه ناپذیری آنها ، سبب آلودگی های جبران ناپذیر زیست محیطی می‌شوند. استفاده از مواد کمپوست شده به عنوان بستر کشت قارچ های خوراکی، به صورت تبدیل به یک زیست توده خوراکی به عنوان یک جریان اقتصادی عملی و مقرون بصرفه در جهت کاهش ضایعات کشاورزی پیشنهاد شده است (Adams et al., 2007).

مزارع پرورش قارچ مقادیر زیادی ضایعات کشاورزی از قبیل انواع علف ها ی هرز، کاه و کلش تولیدات کشاورزی، انواع کودهای اسبی، گاوی و مرغی را به عنوان بستر های مناسب رشد، فرآوری کرده و سپس در مقیاس گسترده مورد استفاده قرار می دهند. بنابراین فعالیت این مراکز منافع زیادی برای محیط زیست، بازیافت و کاهش ضایعات دارد. قارچ ها از میکرو ارگانیسم های مفیدی هستند که مصرف غذایی داشته و به عنوان منابع غنی انرژی و پروتئین استفاده می

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشیار گروه علوم خاک، استاد گروه بیوتکنولوژی، دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی، دانشجوی دکتری علوم خاک و دانشجوی دکتری بوم شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir)

شوند. قارچهای خوراکی حاوی مقادیر زیادی پروتئین (شامل اسید آمینه های ضروری)، ویتامینهای گروه B و سایر ترکیبات بیوشیمیایی می‌باشند. قارچها غنی از آهن، مس، کلسیم، پتاسیم و ویتامینD نیز هستند (Moore et al., 2001). انواع مختلف قارچ ها برای رشد خود نیاز به بسترهای متفاوتی دارند. قارچ های پرورشی خوراکی بعلت حضور مواد غذایی متنوع و قابل دسترس در مواد خام کمپوست و مزیت رقابتی میکروارگانیسم های ساده تر در هضم این مواد قادر به رقابت با این ارگانیسم های پست (باکتریها و قارچهای ناقص) نبوده و به همین دلیل، مهیا کردن یک محیط رشد انتخابی با کیفیت بالا برای قارچ خوراکی لازم بوده تا بتواند با میکروارگانیسم های دیگر رقابت کرده و رشد و تولیدی مقرون به صرفه داشته باشند. از این رو فرآیند کمپوست سازی، محیطی غیراستریل، انتخابی و مطلوب را برای رشد قارچ های خوراکی و در عین حال محیطی نامطلوب برای میکروارگانیسم های رقیب فراهم می‌کند (Velazquez-Cedeno et al., 2008).

کمپوست سازی پروسه‌های مختلفی را در بر داشته که معمولاً در دو فاز ۱ و فاز ۲ است (Bueno et al., 2008, Straatsma et al., 1999). فاز اول تهیه کمپوست، مخلوط و خیس کردن مواد آلی خام و شروع فرایند کمپوست‌سازی است که در طی آن میکروارگانیسم‌های مختلف موادآلی را تجزیه می کنند. درفاز دوم تهیهٔ کمپوست که عموماً فاز پاستوریزاسیون یا قلهٔ گرمایی نامیده می‌شود، هدف از بین بردن حشرات و آفات و بسیاری از میکرو ارگانیسم های نا خواسته موجود در سوبسترای حاصل شده از مرحله اول کمپوست‌سازی و تخریب اسپورهای میکروارگانیسم‌های آلوده‌کننده و تعمیم دمای سوبسترا به یک مقدار ثابت حدود ۵۰ تا ۵۵ درجهٔ سانتی‌گراد بوده و تجزیهٔ سوبسترا توسط میکروارگانیسم‌های گرمادوست را تحریک کرده و این فعالیت ها سبب گرم شدن توده مواد آلی می گردد(Straatsma et al., 1999). در طی این فازها، جمعیت های میکروبی متفاوتی غالب می شوند، که هر یک با شرایط محیطی مختلفی سازگار شده اند. محیط فیزیکی- شیمیایی ایجادشده توسط تجزیه کنندگان اولیه،محیطی مناسب برای ارگانیسم های ثانویه است و فراورده های تولید شده توسط یک گروه می تواند به مصرف گروه دیگر برسد. افزایش سریع اولیه دما انتقال سریعی در تغییر میکروفلور باکتر ی های مزوفیل به باکتری های گرمادوست ایجاد می کند (Ryckeboer et. al., 2003).

قارچهای گرمادوستی چون .*Rhizomucor* spp و *fumigatus Aspergillus* با pH بهینهٔ زیر ۷ و دمای مطلوب ۴۰ درجه سانتی-گراد نیز شناخته شده اند که در هنگام اغاز گرم شدن محیط کمپوست و تثبیت آمونیوم، pH محیط تا ۹ افزایش یافته و این قارچها ناپدید می‌شوند و قارچ های *Scytalidium thermophilum* و *Chaetomium thermophilum* سریع جایگزین آنها شده که سلولز را به مقدار زیاد تجزیه می‌کنند (Velazquez-Cedeno et. al., 2008). عقیده بر این است که قارچ‌های گرمادوست به طور قابل ملاحظه‌ای در کیفیت کمپوست دخالت دارند. تاثیر این قارچها روی رشد میسیلیوم و تولید قارچ در سه سطح مجزا مشخص شده است که شامل: ۱) کاهش غلظت آمونیاک در کمپوست، در غیر این صورت رشد میسیلیوم قارچ متوقف می شود، ۲) تثبیت مواد غذایی به گونه ای که در دسترس میسلیوم‌های قارچ قرار گیرند و ۳) تحریک رشد میسیلیوم‌های قارچ می‌باشد. اکتینومیست‌ها و سایر باکتری‌ها در کلونیزه شدن موفقیت آمیز *S. thermophilum* در طول کمپوست نقش دارند. توسعه سریع هیف‌های قارچ آگاریکوس روی کمپوست در حضور قارچ‌های گرمادوست ممکن است یک ویژگی اکولوژیکی باشد (Salar et al., 2007).

Trichoderma harzianum یک قارچ فعال کننده کمپوست[1] (CFA) بوده که طول دوره فرآیند کمپوست سازی را کوتاهتر می کند، به صورتیکه این زمان را که بیش از چهار ماه است به سه تا پنج هفته کاهش می دهد (Cuevas, 2005). *Trichoderma spp.* به عنوان عوامل کنترل کننده بیولوژیکی برای جمعیت بیشماری از قارچ‌های پاتوژن گیاهی شناخته شده اند. گستره وسیعی از گونه‌های میکروارگانیسم‌ها به عنوان کنترل کننده‌های بیولوژیکی شناخته شده اند، این میکرو ارگانیسم‌ها شامل *Bacillus spp., Enterobacter spp., Flavobacterium balustinum, Pseudomonas spp., Streptomyces spp. Penicillium spp, Gliocladium virens, Trichoderma spp.* می باشند (Scheuerell, et al., 2002). اما با وجود پیشرفت‌های شگرف در زمینه تکنولوژی و کاربرد تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری پیشرفته هنوز تولید ثابت کمپوست با عملکرد زیاد بسیار مشکل بوده و تولید با صرفه اقتصادی بیشتر و کیفیت بهتر تنها راه بقای پرورش دهندگان قارچ در این صنعت می باشد (Gonzalez et al.,2005).

پرورش قارچها می‌تواند به حل بسیاری از مشکلات مهم مانند کمبود پروتئین، بازیافت منابع و مدیریت محیط زیست کمک کند. قارچ های خوراکی حاوی مقادیر زیادی پروتئین (همه اسید آمینه های ضروری) ، ویتامین های گروه B و سایر ترکیبات بیوشیمیایی می‌باشند. شرایط دینامیک میکروارگانیسم‌ها در کمپوست می‌تواند بسیاری از تفاوتهای موجود در نتایج گزارشات کاربرد مکمل های کمپوست وآزمایشات علمکرد را توجیه نماید (Suman & Sharma, 2005). هیدرولیز آنزیمی سلولز بدلیل اینکه اولین قدم در تجزیه سلولز، فراوان‌ترین ماده آلی می‌باشد، یک واکنش مهم در طبیعت تلقی می‌گردد. تحقیقات در زمینه قابلیت میکروارگانیسم‌ها در تجزیه سلولز طبیعی نشان داده است که تعداد اندکی از قارچها توانایی تجزیه سلولز را دارا می‌باشند. درحالیکه اکثر میکروارگانیسم‌ها می‌توانند سلولز

1- Fungus compost activator (CFA)

تغییر یافته را تجزیه کنند (Caritas & Humphrey, 2006). تغییر سلولز می‌تواند منجر به تولید بسیار سریعتر قندهای احیاکننده توسط آنزیم‌ها شود. بسیاری از محققان تاثیر پیش تیمار ضایعات کشاورزی با مواد قلیایی و بخار را بررسی کرده‌اند (Baig et al., 2004). روش‌های پیش تیمار فیزیکی، شیمیایی و میکروبی زیادی برای تقویت و ترغیب تبدیل زیستی مواد سلولزی گزارش شده است (Caritas & Humphrey, 2006). پیش تیمار سلولز ساختار آن را باز نموده و برهمکنش ثانویه میان زنجیره‌های گلوکز را از بین می‌برد (Tang et al.,1996).

جنس تریکودرما بدلیل قابلیت ترشح آنزیم‌های تجزیه‌کننده سلولز و همچنین توانایی آنها در کنترل زیستی بطور گسترده مورد مطالعه قرارگرفته است (Zaldívar et al., 2001). قارچ رشته‌ای تریکودرما ریسه‌ای (*Trichoderma reesei*) موثرترین تولید کننده سلولاز می باشد و دارای تاریخچه طولانی در تولید آنزیم‌های هیدرولیتیک بوده که بطور گسترده در صنایع پارچه، کاغذ و تغذیه حیوانات استفاده می‌شود (Wang et al., 2004). با تحریک رشد و فعالیت جمعیت‌های میکروبی مسئول تجزیه سلولز و همی‌سلولز مدت زمان کمپوست‌سازی را می‌توان کاهش داد (Savoie & Libmond,1994). سلولز و همی‌سلولز توسط باکتری‌ها و قارچ‌ها مورد هجوم قرار گرفته، ترکیبات دیواره سلولی کاه و کلش تغییر یافته و سپس تحت شرایط مناسب به آسانی تجزیه می‌شوند (Chang & Miles, 2004; Sharma,1996). امروزه از میکروارگانیسم‌ها در تسریع کمپوست سازی استفاده می‌شود. در این روش‌ها از تریکودرما هارزیانوم (*Trichoderma harzianum*)، یک فعال کننده قارچی کمپوست که مدت زمان کمپوست سازی را از چهار ماه به تنها ۳ تا ۵ هفته کاهش می‌دهد، استفاده می‌شود (Espiritu & Mina,1993).

هدف از این تحقیق ارزیابی و مقایسه توانایی تجزیه زیستی تعدادی از جدایه‌های تریکودرما روی کاه و کلش گندم و استفاده از توانایی آنها در کوتاه نمودن مدت زمان تجزیه و کمپوست‌سازی و همچنین استفاده در تغذیه دام بود.

جدول۱- گونه‌های تریکودرما استفاده شده در آزمایشات تلقیح کاه و کلش گندم

Table 1- T*richoderma* spp. used in wheat straw inoculation tests

گونه‌های تریکودرما *Trichoderma spp.*	تعداد جدایه‌ها Number of isolates
Trichoderma parceramosum	-
T. longibrachiatum	3
T. virens	-
T. saturnisporum	-
Bi - 2	-
T. reesei	3

مواد و روش‌ها

از گونه‌های موجود در جدول ۱ که متعلق به جنس تریکودرما می‌باشند در آزمایشات تلقیح کاه و کلش گندم استفاده شد. از گونه‌های *T. longibrachiatum* و *T. reesei* سه جدایه مختلف در آزمایشات بررسی شد. جدایه با کد Bi-2 متعلق به جنس تریکودرما می‌باشد که تا سطح گونه شناسایی نشده است.

در کل ۱۰ تیمار آزمایشی باتوجه به گونه ها و تعداد جدایه ها و یک شاهد در این تحقیق درآزمایشگاه بیوتکنولوژی و مرکز پژوهشی قارچ خوراکی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد مورد بررسی قرار گرفتند که در جدول ۲ مشخص شده است.

جدول ۲- تیمارهای آزمایشی: گونه‌های تریکودرما و جدایه‌های آنها

Table 2- Experimental treatments: *T*richoderma spp. and their isolates

تیمارها Treatments	جدایه Isolates
T_1	T*richoderma parceramosum*
T_2	*T. longibrachiatum*
T_3	*T. longibrachiatum*
T_4	*T. virens*
T_5	*T. saturnisporum*
T_6	Bi-2
T_7	*T. longibrachiatum*
T_8	*T. reesei* CECT 24.3
T_9	*T. reesei* CECT 24.4
T_{10}	*T. reesei* CECT 24.6
T_0	control

تهیه اسپور از محیط کشت مناسب رشد قارچ‌ها و تلقیح کاه و کلش گندم

از محیط کشت PDA برای کشت همه گونه‌ها استفاده شد. یک دیسک ۱۲ میلی‌متری از محیط کشت پایه هر قارچ در محیط کشت تازه PDA حاوی آنتی‌بیوتیک کانامایسین با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار داده شده وسپس پتری‌ها در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. برای جمع‌آوری اسپورهای قارچ، در شرایط استریل یک میلی‌لیتر آب مقطر به سطح محیط کشت اضافه کرده و اسپورهای معلق در آب در فالکون‌های استریل جمع‌آوری شد. تعداد اسپورها با استفاده از هموسایتومتر شمارش شدند.

کاه و کلش گندم (مقدار نیتروژن ۰/۲۸ و نسبت کربن به نیتروژن ۱۵۶) را به قطعات کوچک یک سانتی‌متری بریده و هر گرم کاه و کلش با 10^7 اسپور از هر کدام از جدایه‌ها بصورت جداگانه تلقیح شد. کاه و کلش تلقیح شده با اسپور قارچ در ظروف پلاستیکی که از کف توسط پمپ هوا، هوادهی می‌شدند، در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت دو هفته نگهداری شدند. رطوبت مناسب ظروف بصورت روزانه بررسی و در صورت نیاز آب مقطر استریل به آنها اضافه شد.

اندازه‌گیری‌های تجزیه زیستی

بعد از سپری شدن مدت زمان تلقیح، محتویات ظروف جمع‌آوری و در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد خشک شدند. هر کدام از نمونه‌ها وزن شده و کاهش فیبرهای شوینده اسیدی[1] (ADF) و فیبرهای شوینده خنثی[2] (NDF) برای هر نمونه در مقایسه با نمونه شاهد محاسبه شد. این روش‌ها قسمت غیرمحلول و اجزای آن را به تفکیک تعیین می‌کنند. NDF نشان‌دهنده اجزای هضم نشدنی و کند هضم در دیواره سلول‌های گیاهی (سلولز، همی‌سلولز، لیگنین و کوتین) می‌باشد. ADF شامل سلولز و لیگنین می‌باشد که همی‌سلولز در آن وجود ندارد. ADF و NDF بر اساس روش سنگر و همکاران (Senger et al., 2008) اندازه‌گیری شدند.

آنالیزهای آماری

این آزمایش با تعداد ۱۰ تیمار درقالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. داده‌های آزمایش از نظر آماری آنالیز شدند. میانگین‌ها محاسبه شده و آزمون LSD برای مقایسه تجزیه زیستی کاه و کلش گندم توسط جدایه‌های قارچ استفاده شد. برای مقایسه نتایج NDF و ADF دررابطه باتیمارهای آزمایشی، همبستگی چند متغیره انجام شد .

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده درخصوص تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فیبرهای شوینده اسیدی (ADF) کاه وکلش گندم (جدول ۳) نشان داد که تیمارهای T_1، T_2 و T_7 نسبت به هم تفاوت معنی داری نداشته، اما بترتیب در مقایسه با تیمارهای شاهد، T_6، T_9، T_3، T_5، T_4، T_{10} و T_8 دارای اختلاف معنی داری درسطح اطمینان ۵ درصد بودند. تیمارهای T_{10}، T_4 و T_5 تفاوت معنی داری با هم نداشته، اما بترتیب در مقایسه با تیمارهای شاهد، T_6، T_9، T_3، T_2، T_7، T_1 و T_8 اختلاف معنی داری درسطح اطمینان ۵ درصد داشتند.

تیمارهای T_3، T_9 و T_6 نسبت به هم وشاهد تفاوت معنی داری نداشته، اماهمگی آنها بترتیب در مقایسه با تیمارهای T_5، T_4، T_{10}، T_2، T_7، T_1 و T_8 دارای اختلاف معنی داری درسطح اطمینان ۵ درصد بودند.درحالیکه تیمار T_8 (*T. reesei* CECT 24.3) باکلیه تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی داری را درسطح اطمینان ۵ درصد (جدول ۳) نشان داد. صفری سینگانی و همکاران (Safari-Sinegani et al., 2005) نتیجه گیری کردند که *Aspergillus terreus* و *Trichderma reesei* قابلیت بالایی در تجزیه بقایای گیاهی دارند.

نتایج بدست آمده درخصوص تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فیبرهای شوینده خنثی (NDF) کاه وکلش گندم (جدول ۳) نشان داد که دو تیمار T_7 و T_5 نسبت به هم تفاوت معنی داری نداشته، اما بترتیب در مقایسه با تیمارهای شاهد، T_6، T_{10}، T_3، T_9، T_2، T_4، T_1و T_8 دارای اختلاف معنی داری درسطح اطمینان ۵ درصد بودند (جدول ۳). دو تیمار T_8 و T_1 با هم تفاوت معنی داری نداشته، اما بترتیب با تیمارهای شاهد، T_6، T_{10}، T_3، T_9، T_2، T_4، T_7 و T_5 اختلاف معنی داری درسطح اطمینان ۵ درصد نشان دادند(جدول ۳). تیمار T_4 تفاوت معنی داری بترتیب با تیمارهای شاهد، T_6، T_1 ، T_8، T_5 و T_7 نشان داد. تیمار T_2 بترتیب با تیمارهای شاهد، T_1، T_8، T_5 و T_7 تفاوت معنی داری داشت. درحالیکه تیمار T_9 بترتیب با تیمارهای شاهد، T_1 ، T_8، T_5 و T_7 دارای تفاوت معنی داری بود (جدول ۳). دو تیمار T_3 و T_{10} با هم تفاوت معنی داری نداشته، اما با تیمارهای T_4، T_1، T_8، T_5 و T_7 اختلاف معنی داری درسطح اطمینان ۵ درصد داشتند (جدول ۳). تیمار T_6 با تیمارهای T_2، T_4، T_1، T_8، T_5 و T_7 دارای تفاوت معنی داری بود. این درحالی است که تیمارشاهد تنها با تیمارهای T_9، T_2،T_4، T_1، T_8، T_5 و T_7 دارای اختلاف معنی داری درسطح اطمینان ۵ درصد بود (جدول۳).

تجزیه زیستی کاه گندم توسط قارچ به گونه قارچ بستگی دارد (Safari Sinegani et al., 2005; Blackshaw & Lindwall, 1996). مولر و همکاران (Muller et al., 1988) و سامرل و بورگس (Summerell & Burgess, 1989) نشان دادند که درصد لیگنین، نسبت کربن به نیتروژن و مقدار نیتروژن بقایای گیاهی درمقدار و شدت تجزیه نقش بسزایی دارند. علاوه بر این جدایه‌های مختلف یک گونه نیز توانایی متفاوتی در تجزیه کاه گندم از خود نشان دادند. گونه‌ها و جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما توانایی متفاوتی در کاهش NDF و ADF از خود نشان دادند (جداول ۳ و۴ و ۵).

تیمارهای تریکودرما لانگی براچیاتوم، ساتورنیسپوروم و ریسه‌ای (T_7، T_5 و T_8) بترتیب باعث بیشترین کاهش در مقدار NDF این آزمایش شدند (جدول۴). صفری سینگانی و همکاران (Safari Sinegani et al., 2005) درمقایسه قارچ های مختلف روی تجزیه بقایای گندم وجو نتیجه گیری کردند که *T. reesei* بیشترین درصد کاهش وزن بقایا را نشان داد.اگرچه در همین آزمایش جدایه‌های دیگر این گونه‌ها کمترین مقدار کاهش NDF را به خود اختصاص دادند. تریکودرما لانگی‌براچیاتوم یکی از تولید کنندگان شناخته شده آنزیم‌های سلولولیتیک و زایلانولیتیک می‌باشد. از این گونه در تغذیه دام برای بهبود خصوصیات تغذیه‌ای علوفه و حتی برای بهبود آرد گندم و بالا بردن کیفیت محصولات پخته شده استفاده می‌شود. تریکودرما ساتورنیسپوروم آنزیم زیادی تولید می‌کند و به سرعت می‌تواند روی کاه و کلش رشدوتکثیر کند. در آزمایشاتی که با استفاده از این گونه بر روی تجزیه کاه و کلش انجام گرفته، تسریع تجزیه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بعد از تلقیح تایید شده است (Wiedow et al., 2007).

1- Acid detergent fiber
2- Neutral detergent fiber

جدول ۳- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فیبرهای شوینده اسیدی (ADF) و فیبرهای شوینده خنثی (NDF)کاه وکلش گندم

Table 3- Effect of different treatments on ADF and NDF of wheat straw

تیمارها	جدایه	فیبرهای شوینده اسیدی	فیبرهای شوینده خنثی
Treatments	**Isolate**	**ADF**	**NDF**
T_1	(*Trichoderma parceramosum*)	50.48c*	80.03e
T_2	(*T.* longi*brachiatum*)	51.53c	83.87abcd
T_3	(*T.* longi*brachiatum*)	55.53a	85.11abc
T_4	(*T. virens*)	52.85b	83.66bcd
T_5	(*T.* saturn*isporum*)	53.28b	77.53f
T_6	(Bi-2)	56.09a	85.53ab
T_7	(*T.* longi*brachiatum*)	50.79c	76.96f
T_8	(*T. reesei* CECT 24.3)	44.75d	79.39e
T_9	(*T. reesei* CECT 24.4)	55.87a	84.33abcd
T_{10}	(*T. reesei* CECT 24.6)	52.80b	85.17abc
T_0	(Control)	56.40 a	86.04a
ارزش (p)		P= 0.0001	P= 0.0001

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

جدول ٤- درصد کاهش فیبرهای شوینده خنثی (NDF) کاه وکلش گندم تیمار شده با جدایه‌های مختلف جنس تریکودرما

Table 4- Percent reduction in NDF of wheat straw treated with different *Trichoderma* spp.

تیمارها	جدایه	درصد کاهش فیبرهای شوینده خنثی
Treatments	**Isolates**	**NDF reduction (%)**
T_7	(*Trichoderma longibrachiatum*)	9.083a*
T_5	(*T. saturnisporum*)	8.513a
T_8	(*T. reesei* CECT 24.3)	6.650b
T_1	(*T. parceramosum*)	6.013b
T_4	(*T. virens*)	2.383c
T_2	(*T. longibrachiatum*)	2.173c
T_9	(*T. reesei* CECT 24.4)	1.71cd
T_3	(*T. longibrachiatum*)	0.933cd
T_{10}	(*T. reesei* CECT 24.6)	0.873cd
T_6	(Bi-2)	0.51d
سطح معنی دار(p)		P= 0.0001

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

روش فیبر خام[1] (CF) برای اندازه‌گیری کاهش فیبر شامل اکثر سلولز، اما تنها قسمتی از لیگنین است و هیچ خاکستری را شامل نمی‌شود. بنابراین فیبر واقعی را به مقدار کمتری نسبت به ADF تخمین می‌زند (داده‌ها نشان داده نشده است).

تریکودرما ریسه‌ای (T_8) سبب بیشترین کاهش فیبرهای شوینده اسیدی شد (جدول ۵). تیمارهای T_1، T_7 و T_2 در رتبه دوم تا چهارم کاهش ADF بودند که نسبت به یکدیگر فاقد اختلاف معنی دار بودند، اما نسبت به گونه‌ها و جدایه‌های T_1، T_4 و T_5 از نظر کاهش ADF برتری معنی داری نشان دادند. گونه‌ها و جدایه‌های T_3، T_9 و T_6 تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته ودر رابطه با کاهش فیبرهای شوینده اسیدی پایین ترین درصد کاهش را دارا بودند (جدول ۵). همبستگی چند متغیره انجام شده بین فیبرهای شوینده اسیدی و فیبرهای شوینده خنثی (R^2 =۰/۵۷)، بیانگر تفاوت های خیلی معنی دار آنها (p= 0.0010) در رابطه با جگونگی تاثیر گونه‌ها و جدایه‌های آزمایشی بر شدت تجزیه کاه و کلش گندم می‌باشد.

تریکودرما ریسه‌ای یک قارچ رشته‌ای مهم صنعتی سلولولیتیک است. این قارچ توانایی ترشح مقادیر زیاد سلولاز و همی‌سلولاز را دارا می‌باشد. در تحقیق انجام شده بیشترین مقدار کاهش NDF و ADF به این قارچ اختصاص داشته است. اما بطور جالبی جدایه‌های مختلف این قارچ توانایی متفاوتی در کاهش NDF و ADF از خود نشان دادند (جداول ۳ و۴ و۵).

1- Crude fiber

جدول ۵- درصد کاهش فیبرهای شوینده اسیدی (ADF) کاه و کلش گندم تیمار شده با جدایه‌های مختلف جنس تریکودرما

Table 5- Percent reduction in ADF of wheat straw treated with different *Trichoderma* spp.

تیمارها Treatments	جدایه Isolates	درصد کاهش فیبرهای شوینده اسیدی ADF reduction (%)
T_7	(*Trichoderma reesei* CECT 24.3)	11.65 a
T_5	(*T. parceramosum*)	5.92 b
T_8	(*T. longibrachiatum*)	5.61 b
T_1	(*T. longibrachiatum*)	4.87 b
T_4	(*T. reesei* CECT 24.6)	3.60 c
T_2	(*T. virens*)	3.55 c
T_9	(*T. saturnisporum*)	3.12 c
T_3	(*T. longibrachiatum*)	0.87 d
T_{10}	(*T. reesei* CECT 24.4)	0.53 d
T_6	(Bi-2)	0.31 d
	سطح معنی دار(p)	P= 0.0001

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

بنابراین در طراحی آزمایشات مربوط به تجزیه زیستی باید به این توانایی های مختلف جدایه‌ها توجه بیشتری نمود. صفری سینگانی و همکاران (Safari Sinegani et al., 2005) نتیجه گیری کردند که بطور کلی درصد کاهش NDF نسبت به ADF در بقایای گیاهی گندم و برنج در طول تجزیه قارچی بیشتر بود.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، فیبرهای شوینده خنثی (NDF) کاه وکلش گندم در تریکودرما لانگی‌براچیاتوم(T_7) و ساتورنیسپوروم (T_7) نسبت به فیبرهای شوینده اسیدی (ADF) کاهش بیشتری نشان دادند. در حالیکه این نسبت برای تریکودرما ریسه‌ای (T_8) برعکس بوده و فیبرهای شوینده اسیدی (ADF) را به مقدار بیشتری کاهش داده است. با توجه به توانایی گونه‌های تریکودرما ریسه‌ای، لانگی براچیاتوم و ساتورنیسپوروم در کاهش NDF و ADF، استفاده از این قارچها برای تجزیه زیستی کاه و کلش گندم را می‌توان پیشنهاد نمود. این قارچها سلولز طبیعی را به شکل تغییر یافته تبدیل کرده که توسط سایر ارگانیسم‌ها به سهولت می‌تواند تجزیه شوند. بنابراین قارچ های تریکودرما خصوصا تریکودرما ریسه‌ای دارای نقش مهمی در تسریع تجزیه مواد خام اولیه و بقایای گیاهی گندم، کاهش مدت زمان کمپوست سازی در نتیجه فعالیت سریع‌تر میکروبی و ایجاد یک محیط رشد مناسب و کمپوست مطلوب می باشد.

منابع

1- Adams, J.D.W., and Frostick, L.E. 2007. Investigation microbial activities in compost using mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation as an experimental system. University of Hull. Journal of Bioresource Technology 99: 1097-1102.

2- Ashraf, B., Shahid, F., and Adam, T. 2007. Association of fungi, bacterial and actinomycetes with different composts. University of Karachi, Pakistan. Department of Microbiology. Journal of Botany 39(6):2141-2151.

3- Baig, M.M.V., Baig, M.L.B., Baig, M.I.A., and Yasmeen, M. 2004. Saccharification of banana agro-waste by cellulolytic enzymes. African Journal of Biotechnology 3(9): 447-450

4- Blackshaw, R.E., and Lindwall, C.W. 1996. Species, herbicide and tillage effects on surface crop residue cover during fallow. Canadaian Journal of Soil Science 75: 559-565.

5- Brown, J.A., Collin, S.A., and Wood, T.M. 1987. Enhanced enzyme production by the Cellulolytic Fungus *Penicillium pinophitum*, Mutant Strain NTC 111/6. Enzyme and Microbial Technology 9: 176-180.

6- Bueno, P., Tapias, R., Lopez, F., and Diaz, M.J. 2008. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. Journal of Bioresource Technology 99: 5069-5077.

7- Caritas, U.O., and Humphrey, C.N. 2006. Effect of acid hydrolysis of Garcinia kola (bitter kola) pulp waste on the production of CM-cellulase and β-glucosidase using *Aspergillus niger*. African Journal of Biotechnology 5(10): 819-822.

8- Chang, S.T., and Miles, P.G. 2004. Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Mmedicinal Effect, and

Environmental Impact. (2nd Ed.): CRC Press. pP. 447- 451.

9- Cuevas, V.C. 2005. Training Course on Preparation of Trichoderma Compost Activator in Rapid Composting Technology. IBS, CAS, UPLB:1-11.
10- Espiritu, B.M., and Mina, J.T. 1993. Mass Production of Bio-Organic Fertilizers. National Institute of Molecular Biology and Biotechnology (BIOTECH-UPLB). 45-48.
11- Gonzalez, R., and Rinker, D.L. 2005. Compatibility of ammonia suppressants used in poultry litter with mushroom compost preparation and production. Journal of Bioresource Technology 97:1679-1689.
12- Jalk, D., Nerud, R., and Siroka, P. 1998. The effectiveness of biological treatment of wheat straw by white rot fungi. Folia Microbiologica Journal 43: 687-689.
13- Moore, D., Chiu, S.W. 2001. Fungal Products as Food. Fungal Diversity Press, Hong Kong. Chapter 10 in Bio-Exploitation of Filamentous Fungi. 223-251.
14- Muller, M.M., Sundman, V.O., Soininvaara, V., and Merilainen, A. 1988. Effect of chemical composition on release of nitrogen from agricultural plant materials decomposing in soil under field conditions. Biology and Fertility of Soil Journal 6: 78-83.
15- Ryckeboer, J., Mergaert, J., Vaes, K. Klammer, S., Clercq, D., Coosemnas, D.J., Insam, H., and Swings, J. 2003. A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. Journal of Annals of Microbiology 53(4): 349-410.
16- Safari Sinegani, A.A., Emtiazi, G., Hajrasuliha, S., and Shariatmadari, H. 2005. Biodegradation of some agricultural residues by fungi in agitated submerged cultures. African Journal of Biotechnology 4(10): 1058-1061.
17- Salar, R.K., and Aneja, K.R. 2007. Significance of thermophilic fungi in mushroom compost preparation: effect on growth and yield of *Agaricus bisporus* (Lange) sing. Journal of Agricultural Technology 3(2): 241-253.
18- Savoie, J.M., and Libmond, S. 1994. Stimulation of environmentally controlled mushroom composting by polysaccharidases. World Journal of Microbiology and Biotechnology 10: 313-319.
19- Scheuerell, S., and Mahafee, W. 2002. Assessing aerated and non-aerated watery fermented compost tea and *Trichoderma harzianum* T-22 for control of powdery mildew (*Sphaerotheca pannos* var. rosae) of rose in the Willamette valley, Oregon. Phytopathology 90: 67-69.
20- Senger, C.C.D., Kozloski, G.V., Bonnecarrère Sanchez, L.M., Mesquita, F.R., Alves, T.P., and Castagnino, G.S. 2008. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. Animal Feed Science and Technology Journal 146: 169-174.
21- Sharma, H.S.S. 1996. Compositional analysis of neutral detergent, acid detergent, lignin and humus fractions of mushroom compost. Thermochimica Acta. 285(2): 211-220.
22- Straatsma, G., Gerrits, J., Thissen, J., and Amsing, J. 1999. Adjustment of the composting process for mushroom cultivation based on initial substrate composition. Mushroom Experimental Station, The Netherlands Journal of Bioresource Technology 72:67-74.
23- Suman, B.C., and Sharma, V.P., 2005. Mushroom Cultivation, Processing and Uses. Agrobios, (India): 347- 349.
24- Summerell, B.A., and Burgess, L. W. 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw. Soil Biology and Biochemistry 21: 551-559.
25- Tang, L.G., Hon, D.N.S., Pan, S.H., Zhu, Y.Q., Wang, Z., and Wang, Z.Z. 1996. Evaluation of microcrystalline cellulose changes in ultra structural characteristics during preliminary acid hydrolysis. Journal of Applied Polymer Science 59(3): 483 - 488.
26- Velazquez-Cedeno, M., Farnet, A.M., Mata, G., and Savoie, J.M. 2008. Role of *Bacillus spp*. In antagonism between *Pleurotus ostreatus* and *Trichoderma harzianum* in heat-treated wheat-straw substrates. Journal of Bioresource Technology 99(15):6966-73.
27- Wang, T.H., Wang, T.L., Zhi-Hong, W.U., Shi-Li, L.I.U., Yi, L.U., and Yin-Bo, Q.U. 2004. Novel cellulase profile of Trichoderma reesei strains constructed by cbh1 gene replacement with EG_3 gene expression cassette. Acta Biochimica et Biophysica Sinica 36(10): 667-672 .
28- Wiedow, D., Baum, C., and Leinweber, A. 2007. Inoculation with Trichoderma saturnisporum accelerates wheat straw decomposition on soil. Archives of Agronomy and Soil Science 53: 1-12.
29- Zaldívar, M., Velasquez, J.C., Contreras, I., and Perez, L.M. 2001. Trichoderma aureoviride 7-121, a mutant with enhanced production of lytic enzymes: its potential use in waste cellulose degradation and/or biocontrol. Electronic Journal of Biotechnology 6(2): 8-17.