نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۳
http://ejsms.gau.ac.ir

تجزیه بقایای پنج گیاه زراعی به کمک چهار گونه قارچ گندروی خاک‌زی و چوب‌زی

*سیداسماعیل رضوی[۱]، بهنام کامکار[۲] و حمیدرضا صادقی‌پور[۳]
[۱]استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه گلستان
تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۱۲

چکیده

بقایای گیاهی روند تجزیه آن در بوم‌نظام‌های کشاورزی دارای اهمیت زیادی است. در این پژوهش اثر برخی از قارچ‌های بر روی تجزیه بقایای گیاه بررسی شدند. بقایای گیاهی برنج، گندم، پنبه، کلزا و سویا با قارچ‌های *Pleurotus ostreatus*، *Phanerochaete chrysoporium*، *Aspergillus niger* و *Trichoderma viride* مایه‌زنی گردیدند و بعد از ۳۰ روز میزان همی‌سلولز، سلولز، لیگنین، نیتروژن و کربن آلی آن‌ها در نمونه‌های تیمار شده و شاهد اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که براساس سرعت رشد و استقرار بر سطح بستر، قارچ‌های *P. ostreatus*، *T. viride*، *A. niger* و *P. chrysoporium* به‌ترتیب از بیش‌تر به کم‌تر در اولویت قرار گرفتند. مقدار استقرار بر روی بقایای گیاهان بعد از ۲۰ روز به‌ترتیب در سویا، پنبه، کلزا، گندم و برنج مشاهده شد. تجزیه ترکیبات همی‌سلولزی در تمامی بقایای گیاهی بیش‌تر از سلولز و لیگنین بود. میزان تجزیه در بین قارچ‌ها متفاوت بود. تجزیه همی‌سلولز بیش‌ترین آن توسط قارچ *P. ostreatus* و بعد از آن *T. viride*، *A. niger* و *P. chrysoporium* بودند. تجزیه مواد سلولزی نشان داد که بیش‌ترین تجزیه توسط قارچ‌های *P. ostreatus* و *T. viride* بر روی تمامی بقایا به‌جز برنج بود. قارچ‌های *P. ostreatus* و *P. chrysoporium* بیش‌ترین تأثیر را بر روی مواد لیگنینی داشتند. در حالی‌که *T. viride* و *A. niger* کم‌ترین تجزیه لیگنین را داشتند. میزان نیتروژن آزاد شده برروی بقایای سویا و برنج توسط قارچ *A. niger* بود، در حالی‌که کم‌ترین آن بر روی سویا توسط *T. viride*، *P. ostreatus* و *P. chrysoporium* دیده شد. با توجه نتایج به‌دست آمده نوع قارچ و بقایای گیاهی در میزان تجزیه تأثیرگذار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، نسبت کربن به نیتروژن، قارچ‌های تجزیه‌کننده، همی‌سلولز، سلولز، لیگنین

* مسئول مکاتبه: razavi@gau.ac.ir

مقدمه

بخش بزرگی از اندام گیاهان زراعی را ترکیب‌های لیگنوسلولزی تشکیل می‌دهند. این مواد خشبی در بیش‌تر گیاهان شامل سلولز ٦٠-١٥ درصد، همی‌سلولز ٣٠-١٠ درصد، ٣٠-١٠ درصد لیگنین می‌شوند. البته با زیاد شدن سن گیاه مقدار همی‌سلولز، سلولز و لیگنین افزایش یافته و ترکیب‌های ساده‌تر کاهش می‌یابند (کاتو، ١٩٨١؛ ایلمان، ١٩٩١؛ ایزی‌دورزیکی و همکاران، ٢٠٠٥؛ جیلبیرد، ٢٠١٠). همی‌سلولز بعد از سلولز فراوان‌ترین ماده آلی در دیواره اولیه گیاهان می‌باشد. سلولز پیکره اصلی مواد چوبی و مهم‌ترین ماده دیواره سلولی گیاهان می‌باشد که در بافت زمینه‌ای همی‌سلولز جای می‌گیرد. ترکیب به‌دست آمده به‌وسیله بافت سیمانی لیگنین به یکدیگر متصل می‌شود (ایزی‌دورزیکی و همکاران، ٢٠٠٥؛ رودنیک، ٢٠٠٨). لیگنین ترکیب ثانوی دیواره‌های سلولی و بین سلولی است. بعد از سلولز، لیگنین فراوان‌ترین ترکیب آلی در دیواره ثانویه اندام‌های مسن و خشبی شده گیاهان است (اشمیت، ٢٠٠٧).

بقایای کشاورزی به‌طور عموم بستر مناسبی برای رشد خردسازوارگان تجزیه‌کننده می‌باشند (الایا و همکاران، ٢٠٠٢). نوع و میزان ترکیب‌های موجود بستر رشد، در تجزیه اهمیت دارد (پوپی، ٢٠٠٠). به‌طوری‌که کشت ٥ گونه قارچ از جنس *Pleurotus* بر روی بستر دارای تفاله پنبه، کاه گندم، برنج و ذرت مشخص شد که این قارچ‌ها بر روی کلش برنج رشد بهتری داشتند (کین و همکاران، ١٩٨٩). گزارش نمودند که قارچ *P. sajor-caju* بر روی بستر شامل کاه گندم، ساقه و برگ پنبه و سورگوم قادر به رشد است. بررسی‌ها نشان داده که قارچ‌های *A. niger* و *A. clavatus* به‌ترتیب با فراوانی زیاد و متوسط بر روی بقایای ذرت و با مقدار کم‌تری بر روی بقایای گندم استقرار می‌یابند (بوردر و واجنیر، ١٩٨٨). در بین قارچ‌ها نیز تفاوت در میزان تجزیه دیده می‌شود. چهار جدایه قارچ *Aspergillus* که از خاک‌های مختلف ایران جدا شده بودند، میزان تجزیه سلولز در محیط کشت بررسی شد. نتایج مشخص نمود که جدایه‌های گونه *A. terreus* کم‌ترین و جدایه‌های گونه *A. niger* بیش‌ترین توانایی تجزیه سلولز را داشتند (تاجیک و همکاران، ٢٠٠٤). بررسی‌های تابنده و همکاران (٢٠١٠) نشان داد که گونه‌های *A. niger*، *A. terreus* و *A. fumigatus* به‌ترتیب ١٢/٥٤، ٩/٨٥ و ٣/٤٨ درصد لیگنین موجود در باگاس نیشکر را تجزیه می‌کنند.

در مدیریت بوم‌نظام زراعی، نسبت کربن به نیتروژن در ترکیب‌های آلی بر روند تجزیه بقایای گیاهی اثر مستقیم دارد (شای و همکاران، ٢٠١٠). در مواردی که نسبت کربن به نیتروژن زیاد باشد، فعالیت زیستی کم می‌شود و چرخه‌های گوناگون از موجودات زنده برای مصرف کربن اضافی لازم

می‌باشد. اصولاً در شرایطی که نسبت کربن به نیتروژن در بقایای گیاهی بیش‌تر از ۲۰ به ۱ باشد، روند تجزیه به کندی صورت می‌گیرد و بیش‌تر باید نیتروژن و فسفر به بستر اضافه شود تا تجزیه مواد فیبری و چوبی افزایش یابد (یوگیر، ۱۹۹٤).

با توجه به اهمیت بقایای گیاهی در بوم‌نظام‌های زراعی، روند تجزیه زیستی بقایای پنج گیاه زراعی شامل برنج، گندم، پنبه، کلزا و سویا انتخاب شدند و امکان رشد بر روی بقایای گیاهی چهار قارچ چوب‌زی و خاک‌زی و توانایی هر کدام از قارچ‌ها در تجزیه بقایای گیاهی بررسی گردید. در انتهای فرآیند تجزیه میزان همی‌سلولز، سلولز و لیگنین باقی‌مانده و تغییرات ایجاد شده در نسبت کربن به نیتروژن بقایای گیاهی اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش بقایای گیاهی کلزا و گندم در پایان بهار و بقایای پنبه، برنج و سویا در میانه پاییز ۱۳۹۰ شمسی از مزارع پیرامون جاده قدیم کردکوی به گرگان گردآوری گردید. بقایای گیاهی جمع‌آوری شده در درون دستگاه خشک‌کن به‌مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد تا رطوبت آن به کم‌تر از ۲۰ درصد برسد. سپس بقایای گیاهی در شرایط خشک برای انجام آزمایش‌های بعدی نگه‌داری شدند.

کارپوفر قارچ‌های *Pleurotus ostreatus* (Jacqin ex Fries) Kummer و *Phanerochaete chrysoporium* Burdsall از تنه درختان افتاده در سطح جنگل شصت‌کلاته گرگان در پاییز ۱۳۹۰ گردآوری شدند. بقایای گیاهی دارای نشانه و نمود از قارچ‌های *Aspergillus niger* Van Tieghem و *Trichoderma viride* Pers.: Fr.designated by Hughes از سطح خاک مزارع کشاورزی جاده قدیم کردکوی- گرگان گردآوری شده و با کشت بر روی محیط کشت‌های غذایی قارچ‌ها یک جداسازی و شناسایی شدند.

بقایای خشک پنج گیاه به اندازه ۵۰ میلی‌متر با آسیاب خرد شدند. سپس مقدار ۱۰ گرم از بقایای هر گیاه داخل لوله‌های آزمایش به ابعاد ۲۰×۵ میلی‌متر و مقدار ۲۰ گرم در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. میزان رطوبت نمونه‌ها با آب مقطر به ۸۵-۸۰ درصد رسانده شد و سپس اتوکلاو گردیدند. برای تلقیح، قطعه‌ای به قطر ۱۰ میلی‌متر از پرگنه قارچ‌ها برداشته و به بقایای درون لوله و ارلن‌ها اضافه شد. نمونه‌های مایه‌زنی با قارچ‌ها درون اطاقک رشد با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

برای تعیین میزان رشد و نفوذ قارچ‌ها به داخل بقایا، طول میسلیوم رشد یافته قارچ‌ها در درون لوله‌ها بعد از ٢٠ روز با خط‌کش اندازه‌گیری گردید (تین و کریک، ١٩٨٨).

اندازه‌گیری نیتروژن به روش کلدال (کلدال، ١٨٨٣؛ شومان و همکاران، ١٩٧٣؛ پانیسو و گایوتیریو، ٢٠٠٦) در سه مرحله هضم، تقطیر و تیتر انجام شد. در مرحله هضم، ٠/٢ گرم از ارلن دارای نمونه‌های بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌ها بعد از ٣٠ روز به همراه نمونه‌های شاهد، درون لوله مخصوص دستگاه ریخته شد و به آن ٦ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ٩٨ درصد و یک عدد قرص کاتالیزور اضافه گردید. سپس نمونه‌ها در دمای ٢٥٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٥ دقیقه قرار گرفتند و در پله بعدی به‌مدت ٢٤٠ دقیقه در دمای ٣٥٠ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شدند. عصاره به‌دست آمده از کاه هضم شده برای مرحله تقطیر استفاده گردید. در مرحله تقطیر، پس از اضافه نمودن ٦٥ میلی‌لیتر سود ٣٢ درصد و ٣٥ میلی‌لیتر آب مقطر به‌مدت ٥ دقیقه تقطیر صورت گرفت. محصول تقطیر به ٤٥ میلی‌لیتر اسید بوریک ٢ درصد افزوده شد و در انتها با اسیدکلرریدریک ٠/٢ نرمال تیتراسیون با دستگاه تیتراتور مدل شاد و معرف متیل‌رد (pH=٤/٨) انجام شد. این موارد با دستگاه کلدال، مدل گرهارد انجام پذیرفت. میزان اسید کلریدریک مصرفی نهایی طبق رابطه زیر برای تعیین نیتروژن موجود ملاک قرار گرفت:

$$\%N = \frac{٠/٢(A-B)\times ١٤}{(١٠٠٠\times C)}\times ١٠٠ \qquad (١)$$

که در آن، N: میزان نیتروژن، A: میزان اسید مصرفی برای هر نمونه به میلی‌لیتر، B: میزان اسید مصرفی در نمونه شاهد به میلی‌لیتر و C: وزن نمونه بر حسب گرم را نشان می‌دهد.

کربن آلی نیز به روش والکی و بلک (١٩٣٤) اندازه‌گیری شد. برای این کار از ارلن‌های شامل نمونه‌های بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌ها بعد از ٣٠ روز و نمونه‌های شاهد، ١ گرم درون ارلن ٢٥٠ میلی‌لیتری ریخته شد و به آن ١٠ میلی‌لیتر محلول دی‌کرومات پتاسیم و ١٠ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ٩٨ درصد اضافه شد. پس از ٣٠ دقیقه، ١٠٠ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده و بعد از خنک شدن محتویات ارلن به آن ٥-٤ قطره اورتوفنافترولین اضافه گردید و نمونه با سولفات آهن، تا زمانی‌که رنگ محلول به حالت قرمز مایل به قهوه‌ای درآید، تیتر شد. سپس درصد کربن آلی باقی‌مانده در انتهای فرآیند تجزیه و نمونه شاهد از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\%OC = \frac{(M \times ۰/۳۹)(V_b - V_a)}{S} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

که در آن، OC: درصد کربن آلی، M: مولاریته سولفات آهن، S: وزن نمونه اولیه به گرم، V_b: حجم سولفات آهن مصرفی در نمونه شاهد به میلی‌لیتر و V_a: حجم سولفات آهن مصرفی برای تیتراسیون به میلی‌لیتر را نشان می‌دهند.

برای تعیین میزان سلولز، همی‌سلولز و لیگنین، از ارلن شامل نمونه‌های بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌ها بعد از ۳۰ روز و نمونه‌های شاهد، مقدار ۱ گرم برداشته شد و پس از خشک کردن، مقدار فیبر نامحلول در شوینده خنثی[1]، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی[2] و لیگنین نامحلول در اسید[3] به‌صورت متوالی، با استفاده از روش فیلتربگ (کومارک، ۱۹۹٤) و محلول شوینده به روش ون‌سوست و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شدند. از اختلاف مقدار فیبر نامحلول در شوینده خنثی و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی مقدار همی‌سلولز و از اختلاف فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین نامحلول در اسید مقدار سلولز باقی‌مانده در انتهای تجزیه محاسبه شد. همچنین میزان سلولز، همی‌سلولز و لیگنین بقایای گیاهی اولیه بدون تیمار قارچ، مشابه روش قبلی اندازه‌گیری گردید.

نتایج

نتایج نشان داد که نوع بقایای گیاهی بر میزان رشد و استقرار قارچ‌ها تأثیر دارد. در این رابطه هر چهار گونه قارچ بر روی بقایای سویا و پنبه رشد بیش‌تر و بر روی بقایای گندم و برنج رشد کم‌تر داشتند. مقدار رشد این قارچ‌ها بر روی بقایای سویا، پنبه و کلزا حدود ۱۰-۵ سانتی‌متر و بر روی بقایای گندم و برنج کم‌تر از ۵ سانتی‌متر بود. بین قارچ‌ها نیز از نظر میزان رشد تفاوت دیده شد. قارچ‌های *P. ostreatus* و *T. viride* رشد بیش‌تر و قارچ‌های *P. chrysporium* و *A. niger* رشد کم‌تری روی بقایای گیاهی داشتند (جدول ۱).

1- NDF (Neutral Detergent Fibre)
2- ADF (Acid Detergent Fibre)
3- ADL (Acid Detergent Lignin)

جدول ١- میزان رشد و استقرار قارچ‌ها (سانتی‌متر) بر روی بستر دارای بقایای گیاهان زراعی.

	بقایای گیاهان				
قارچ	برنج	گندم	پنبه	کلزا	سویا
P. ostreatus	٦ (٠/٢٨)	٦ (٠/٣٨)	١٠ (١/٠١)	٦ (٠/٣٦)	١٠ (٠/٣٥)
P. chrysporium	٣ (٠/١٣)	٢ (٠/٢١)	٨ (٠/٢٤)	٥ (٠/١٦)	٩ (٠/٤٢)
A. niger	٣ (٠/١٨)	٣ (٠/٢٢)	٦ (٠/١٦)	٥ (٠/٢٧)	١٠ (٠/٥٧)
T. viride	٥ (٠/٣٣)	٥ (٠/٣٨)	٩ (٠/٣٦)	٩ (٠/٢٣)	١٠ (٠/٦٤)

اعداد داخل پرانتز مقادیر خطای استاندارد (SE) را نشان می‌دهند.

نتایج مندرج در جدول ٢ نشان می‌دهد که گونه قارچ، نوع بقایای گیاه و اثرات متقابل بین آن‌ها بر تغییرات همی‌سلولز، سلولز، لیگنین، نیتروژن و کربن آلی در سطح احتمال خطای ١ درصد معنی‌دار بوده است. به‌طوری‌که رشد قارچ‌های مورد بررسی بر روی بقایای گیاهی کاهش درصد ترکیب‌های همی‌سلولز، سلولز و لیگنین را به همراه داشتند.

جدول ٢- تجزیه واریانس میزان همی‌سلولز، سلولز، لیگنین، نیتروژن و کربن آلی در بقایای گیاهی تجزیه شده با قارچ‌های گوناگون.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		همی‌سلولز	سلولز	لیگنین	نیتروژن	کربن آلی
قارچ	٤	٧٣/١٨٩	٢٧٥/١٠٥	٩٩/٨٥٨	٠/٣٣٢	٤٦/١٢٢
بقایای گیاه	٤	٣٩٦/٧٥٤	٦٤٣/٤٨٣	٤٠٥/٢٩٦	٠/٣٤٩	١١٣/٦٥٠
بقایا × قارچ	١٦	٤٨/٥٣٣	١٤٩/٥٢٢	٤٥/٢١٠	٠/٠٤٦	٤٢/٣٣١
خطا	٥٠	٠/٢١٠	٠/٥٨٧	٠/٠٥٨	٠/٠٠٢	٠/١٨٩
ضریب تغییر		٢/٣٨	٢/٦٠	١/٥٢	٧/٦٠	٢/١٦

میانگین مربعات در سطح احتمال خطای ١ درصد معنی‌دار می‌باشند.

نتایج به‌دست آمده نشان داد که میزان تجزیه مواد همی‌سلولزی و کاهش درصد آن در تمامی بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بود. بقایای برنج، گندم و پنبه در تیمار *P.ostreatus*، بقایای سویا در تیمار *T. viride* و بقایای کلزا در تیمارهای *A. niger* و *P. ostreatus* بیش‌ترین مقدار تجزیه را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ٣).

جدول ۳- مقایسه میانگین درصد مقادیر باقی‌مانده در ترکیب‌های همی‌سلولز، سلولز و لیگنین بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌های تجزیه‌کننده.

بقایا	برنج			گندم			پنبه			کلزا			سویا		
قارچ	همی‌سلولز	سلولز	لیگنین	همی‌سلولز	سلولز	لیگنین	همی‌سلولز	سلولز	لیگنین	همی‌سلولز	سلولز	لیگنین	همی‌سلولز	سلولز	لیگنین
P. ostreatus	٤/٦^{e}	٢١/٠^{e}	٧/٤^{e}	١٧/٢^{d}	١٥/٨^{e}	٩/٨^{e}	١٧/٦^{d}	١٧/٦^{e}	١٣/٨^{e}	١٦/٠^{e}	٢٤/٠^{c}	٩/٤^{e}	١٨/٠^{d}	٢٢/٤^{d}	٦/٢^{e}
P. chrysoporium	٢٢/٢^{b}	٢٥/٤^{de}	١٠/٢^{d}	٢٢/٠^{b}	٣٢/٦^{bc}	١٥/٠^{c}	٢٤/٢^{b}	٢٤/٢^{b}	١٥/٢^{d}	٢٠/٤^{c}	٢٤/٢^{c}	١٥/٢^{c}	١٧/٤^{d}	٢٨/٠^{c}	١٣/٠^{d}
A. niger	١٩/٠^{b}	٣٤/٠^{c}	١٤/٠^{b}	١٨/٢^{d}	٣٤/٤^{b}	١٤/٤^{c}	٢٣/٦^{b}	٢٣/٦^{bc}	١٨/٨^{b}	١٧/٤^{e}	٢٣/٦^{c}	١٦/٦^{c}	٢٢/٠^{b}	٢٢/٠^{d}	٢٤/٤^{c}
T. viride	٨/٣^{d}	٤١/٠^{b}	١٣/٦^{b}	٢٥/٢^{b}	٣٢/٨^{bc}	١٦/٠^{b}	٢٣/٠^{b}	٢٣/٠^{c}	١٩/٤^{b}	٢١/٢^{c}	١٣/٦^{e}	١٢/٨^{d}	١٤/٠^{e}	١٧/٦^{e}	١٥/٤^{d}
شاهد	٢٦/٠^{a}	٤٨/٠^{a}	١٦/٢^{a}	٢٨/٠^{a}	٤٢/٤^{a}	١٩/٦^{a}	٢٦/٦^{a}	٢٦/٦^{a}	٢١/٥^{a}	٢٨/٠^{a}	٣٤/٠^{a}	٢٤/٢^{a}	٢٦/٠^{a}	٣٨/٦^{a}	٣٥/٨^{a}

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد می‌باشند.

هر چهار قارچ تیمار شده مواد همی‌سلولزی موجود در بقایای پنج گیاه را تجزیه نمودند. فرآیند تجزیه و کاهش ترکیب همی‌سلولز در بقایای گیاهی برنج با تیمار *P. ostreatus* و *T. Viride* و بقایای پنبه در تیمار *P. ostreatus* بیش از ۵۰ درصد بود، در حالی‌که تجزیه و کاهش در بقایای گندم با تیمار *P. chrysoporium* و بقایای سویا با تیمار *A. niger* کم‌تر از ۲۰ درصد بود (شکل ۱- الف).

نتایج به‌دست آمده نشان داد که میزان تجزیه مواد سلولزی و کاهش درصد آن در تمامی بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بود. بقایای برنج، گندم و پنبه با تیمار *P. ostreatus* و بقایای کلزا و سویا با تیمار قارچ *T. viride* بیش‌ترین تجزیه و کاهش سلولز را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۳).

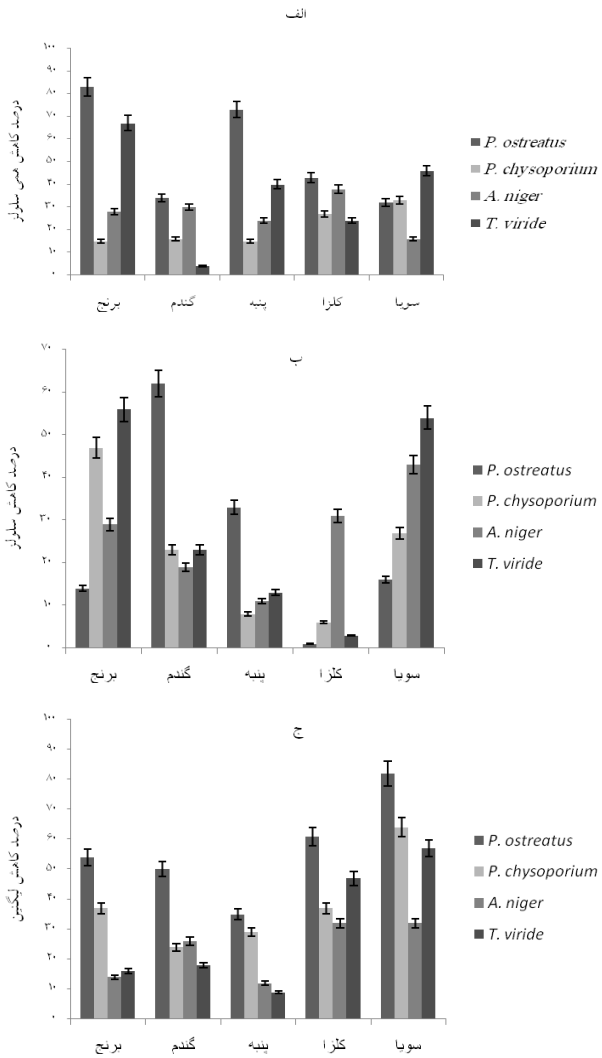
ترکیب سلولزی در بقایای کلزا و سویا توسط قارچ *T. viride* و *بقایای* گندم با تیمار *P. ostreatus* بیش‌تر از ۵۰ درصد و در بقایای کلزا و سویا با تیمار *P. chrysoporium* و بقایای برنج و گندم با تیمار *T. viride* در هر ٤ تیمار قارچ کم‌تر از ۲۰ درصد نسبت به شاهد تجزیه شدند (شکل ۱- ب).

نتایج به‌دست آمده نشان داد که میزان تجزیه لیگنین و کاهش درصد آن در تمامی بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بود. بیش‌ترین تجزیه بقایای هر پنج گیاه در تیمار *P. ostreatus* نشان داده شد (جدول ۳). تجزیه لیگنین بقایای برنج، گندم و کلزا تیمار شده با قارچ‌های *P. ostreatus* و سویا با تیمارهای *P. ostreatus*، *P. chrysporium* و *T. viride* بیش از ۵۰ درصد و در پنبه با تیمار *A. niger* و *T. viride* کم‌تر از ۲۰ درصد مشاهده شد (شکل ۱- ج).

میزان تجزیه ترکیبات همی‌سلولز، سلولز و لیگنین موجود در بقایای گیاهی متفاوتی بود. قارچ *P. ostreatus* در تجزیه همی‌سلولز و لیگنین و قارچ *T. viride* همی‌سلولز و سلولز موفق‌تر بودند. تأثیر دو قارچ *P. chrysoporium* و *A. niger* در حد میانه بود. همچنین میزان تجزیه بقایای گیاهی در بین قارچ‌ها نیز متفاوت بود، به‌طوری‌که قارچ *P. ostreatus* بر روی بقایای گندم و پنبه و قارچ *T. viride* بر روی بقایای سویا بیش‌ترین تخریب را انجام دادند (شکل ۱- ج).

فعالیت قارچ‌ها بر روی بقایای گیاهی باعث تجزیه ترکیبات موجود در آن شده و با مصرف مواد موجود در بستر، نسبت نیتروژن به کربن آلی افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مشخص نمود که میزان نیتروژن در بقایای برنج، گندم، پنبه و کلزا تجزیه شده نسبت به شاهد افزایش داشت و میزان کربن آلی کاهش نسبی پیدا نمود. مقدار نیتروژن در بقایای پنبه تیمار شده با قارچ‌ها نسبت به شاهد در حدود چهار برابر و در بقیه بقایای گیاهی در حد دو برابر نسبت به شاهد افزایش نشان داد. ولی در بقایای سویا تیمار شده با *P. ostreatus* و *P. chrysoporium* تغییری در مقدار نیتروژن دیده نشد. همچنین بیش‌ترین مقدار نیتروژن در روی بقایای سویا و برنج توسط قارچ *A. niger* و کم‌ترین مقدار نیتروژن بر روی بقایای سویا توسط قارچ‌های *P. ostreatus*، *P. chrysoporium* و *T. viride* تولید شد (جدول ٤).

تجزیه بقایای گیاهی در جهت تولید نیتروژن و کاهش نسبت کربن آلی بود. در این پژوهش مشخص شد که بقایای پنبه با بیش‌ترین میزان کاهش کربن به نیتروژن (در حدود ٦ برابر) و در بقیه بقایای در حد متوسط ۲ برابر نشان دادند. همچنین در تمامی بقایای تیمار شده قارچ *P. ostreatus* باعث بیش‌ترین کاهش نسبت کربن آلی به نیتروژن شد (جدول ٤).



شکل ۱- مقادیر کاهش ترکیب‌های همی‌سلولز (الف)، سلولز (ب) و لیگنین (ج) در اثر تیمار با قارچ‌ها بعد از ۳۰ روز.

جدول ٤- مقایسه میانگین تغییرات در ترکیبات نیتروژن و کربن بقایای گیاهی تیمار شده با قارچ‌های تجزیه‌کننده و کاهش نسبت کربن به نیتروژن در مقایسه با شاهد.

بقایا	برنج			گندم			پنبه			کلزا			سویا		
قارچ	نیتروژن	کربن آلی	ک/ ن	نیتروژن	کربن آلی	ک/ ن	نیتروژن	کربن آلی	ک/ ن	نیتروژن	کربن آلی	ک/ ن	نیتروژن	کربن آلی	ک/ ن
P. ostreatus	١/٠٠^{a}	١٦/٦٢^{d}	١٧/١٧^{b}	٠/٦٦^{a}	٢٥/٣٥^{b}	٣٨/٦٧^{bc}	٠/٧٦^{a}	١٠/٤٥^{d}	١٣/٧٧^{c}	٠/٦٥^{a}	١٤/٧١^{c}	٢٢/٧٣^{d}	٠/٤٧^{bc}	١٨/٧٣^{b}	٤٠/٠٧^{bc}
P. chrysoporium	٠/٩٤^{a}	١٨/٣٥^{c}	١٩/٤٣^{b}	٠/٦٥^{a}	٣١/٦٢^{b}	٤٩/٣٠^{ab}	٠/٥٤^{b}	١٧/٥٣^{c}	٣٢/٦٧^{bc}	٠/٥٩^{a}	٢٢/٥٨^{a}	٣٨/٥٧^{b}	٠/٤٠^{c}	١٦/٦٤^{d}	٤١/٣٠^{b}
A. niger	١/٠٧^{a}	١٩/٥٣^{b}	١٨/٢٠^{b}	٠/٧٠^{a}	٤٢/٥٢^{b}	٣٥/٣٠^{c}	٠/٥٦^{b}	٢٤/٥٦^{a}	٤٤/٣٧^{b}	٠/٦٢^{a}	١٤/٦١^{c}	٢٤/٩٧^{d}	١/٠٤^{a}	١٦/٣٩^{d}	١٥/٨٠^{d}
T. viride	٠/٩٧^{a}	٢٢/٦٧^{a}	٢٣/٢٧^{b}	٠/٦١^{a}	٢٠/٤١^{d}	٣٣/٤٧^{c}	٠/٥١^{b}	٢٢/٦٢^{b}	٤٤/٧٠^{b}	٠/٦٣^{a}	٢٠/٤٠^{b}	٣٢/٤٣^{c}	٠/٥٣^{b}	١٧/٣٤^{c}	٣٢/٧٧^{c}
شاهد	٠/٥٥^{b}	٢٣/٣٠^{a}	٤٢/١٧^{a}	٠/٤٠^{b}	٢٢/٣٥^{c}	٥٦/٩٠^{a}	٠/٢٦^{c}	٢٢/٣١^{b}	٨٩/١٢^{a}	٠/٤٠^{b}	١٩/٦٣^{b}	٤٨/٧٠^{a}	٠/٣٧^{c}	٢٠/٣٦^{a}	٥٥/٢٣^{a}

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ١ درصد می‌باشند.

بحث

قارچ‌های بیمارگر به‌علت داشتن ویژگی‌های فیزیولوژیکی اختصاصی قادر به فعالیت بر روی بسترهای خاصی هستند، ولی قارچ‌های تجزیه‌کننده چوب توانایی وسیع‌تری در حمله به مواد خشبی در شرایط متفاوت محیطی دارند (لافوزی، ۱۹۳٤). نتایج این آزمایش در مورد استقرار قارچ‌های مورد بررسی بر روی بسترهای شامل بقایای گیاهی با نتایج بوردر و واجنیر (۱۹۸۸) شباهت دارد که در آن مشخص شده بود، قارچ‌های *Penicillium*، *Aspergillus* و *Trichoderma* بر روی بقایای ذرت و گندم به سرعت استقرار می‌یابند. گونه‌هایی که امکان استقرار و فعالیت در حد وسیع‌تر دارند، از برتری‌های رقابت و رشد بهتر در طول سال و مدت زمان طولانی‌تر برخوردار می‌باشند. به‌عنوان مثال، قارچ *P. ostreatus* قدرت گندرویی بالایی دارد و به خوبی می‌تواند بر روی چوب‌ها و بافت‌های خشبی مرده فعالیت کند (پلیت و همکاران، ۱۹۸۲). در این بررسی نیز فعالیت قارچ *P. ostreatus* بر روی بقایای گیاهی از بقیه بیش‌تر و سریع‌تر رخ داد.

پژوهش‌های بوردر و واجنیر (۱۹۸۸) نشان دادند که میزان تجزیه توسط قارچ‌های *Penicillium* در بقایای سویا، گندم و ذرت بعد از ۳۲ روز به‌ترتیب معادل ٦۷، ٤۷ و ٤۲ درصد بود و در سویا بیش‌ترین ماده آلی آزاد گردید. همچنین جمعیت اکتینومیست و باکتری بر روی بقایای سویا و جمعیت قارچ‌ها بر روی بقایای ذرت بیش‌تر از بقایای گندم برآورد شد. در این پژوهش میزان استقرار قارچ‌ها بر روی بقایای گیاهی متفاوت بود. در بین بقایای گیاهی تمامی قارچ‌ها بر روی سویا بهتر رشد نمودند.

قارچ *P. ostreatus* بر روی مواد لیگنوسلولزی از جمله کاه گندم، چاودار، جو وحشی، یولاف، برنج، ساقه‌های ذرت، باگاس نیشکر، بقایای سویا، پنبه و موز، تفاله خرما و کشمش و پنبه‌دانه و خاک اره به‌خوبی رشد می‌کند (پلیت و همکاران، ۱۹۸۲؛ پوپی، ۲۰۰۰). به این ترتیب که در شرایط یکسان محیطی، نوع گونه قارچ و نوع ترکیبات بقایای گیاهی، نقش اصلی در سرعت تجزیه بقایای گیاهی ایفا می‌کند. در این پژوهش در تمامی بقایای گیاهی تجزیه ترکیبات همی‌سلولزی بیش‌تر از سلولز و لیگنین بود. در بین قارچ‌ها از نظر میزان تجزیه همی‌سلولز موجود در بقایای گیاهی اختلاف دیده شد. به‌طوری‌که قارچ *P. ostreatus* بیش‌ترین مواد همی‌سلولزی را در تمامی پنج گیاه تجزیه نمود و بعد از آن به‌ترتیب قارچ‌های *T. viride*، *A. niger* و *P. chrysoporium* قرار گرفتند. تابنده و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که با افزایش مدت رشد گونه‌های قارچ *Aspergillus* بر روی باگاس نیشکر

درصد تجزیه لیگنین افزایش می‌یابد. در این مطالعه تنوع تجزیه بین قارچ‌ها دیده می‌شد و این موضوع مبین آن است که قارچ‌ها توانایی متفاوتی برای تجزیه ترکیبات لیگنوسلولزی دارند.

قارچ *T. reesei* با تولید آنزیم سلولاز خارج سلولی بیش‌ترین اثر را در تجزیه مواد سلولزی ایفا می‌کند (دومساچ و همکاران، ۱۹۸۰). در این مطالعه، تجزیه مواد سلولزی موجود در بقایای گیاهی در بین قارچ‌ها متفاوت بود، به‌طوری‌که قارچ *P. ostreatus* و *T. viride* بر روی بقایای گیاهی به‌جز بقایای برنج بیش‌ترین تخریب را انجام دادند. میزان تخریب قارچ *T. viride* در مورد بقایای برنج بیش‌تر از قارچ *P. ostreatus* بود. هر چند مطالعه کین و همکاران (۱۹۸۹) مشخص نمود که قارچ *Pleurotus* بر روی کلش برنج رشد بیش‌تری داشت. این مطالعه با نتایج به‌دست آمده در این بررسی مطابقت ندارد و به‌نظر می‌رسد، دلیل آن می‌تواند نوع سویه، میزان ترکیبات کاه برنج و شرایط محیط رشد باشد.

قارچ‌های بازیدیومیکوتای محدودی این نوع آنزیم‌ها را ترشح می‌کنند (نیلاوی، ۲۰۰۹). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مشخص نمود که قارچ‌های گروه بازیدیومیکوتا (*P. ostreatus* و *P. chrysoporium*) بیش‌ترین تأثیر را بر روی مواد لیگنینی در بقایای گیاهی دارند، ولی قارچ‌های آسکومیکوتا (*T. viride* و *A. niger*) اثر کم‌تری داشتند. قارچ *P. ostreatus* به‌عنوان قارچ تجزیه‌کننده سفید قادر است مواد لیگنینی و سلولزی را تجزیه کند و قارچ *P. chrysoporium* به‌عنوان تجزیه‌کننده اصلی مواد لیگنینی در طبیعت مطرح می‌باشد و به همین دلیل تخریب لینگنین بیش‌تر بوده است. اما بیش‌تر گونه‌های شبه جنس *Aspergillus* و *Trichoderma* به‌صورت گندرو بر روی بقایای گیاهی و مواد زائد آن فعالیت می‌کنند و توان چندانی در تجزیه مواد لیگنینی ندارند (دینلسون و دیوی، ۱۹۷۳؛ مورال، ۱۹۹۰؛ روسسمن، ۱۹۹٦).

تغییر نسبت کربن به نیتروژن در بقایای گیاهی نقش مهمی در تجزیه بقایای گیاهی دارد. تجزیه آن دسته از بقایای گیاهی که نسبت کربن به نیتروژن در آن‌ها بیش‌تر از ۲۰ به ۱ باشد، به کندی صورت می‌گیرد. در صورت کم بودن میزان نیتروژن خردسازوارگان تجزیه‌کننده از نیتروژن خاک استفاده می‌کنند (یوگیر، ۱۹۹٤). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش مشخص نمود که بیش‌ترین نیتروژن در روی بقایای سویا و برنج توسط قارچ *A. niger* و کم‌ترین نیتروژن بر روی بقایای سویا توسط قارچ‌های *P. ostreatus*، *P. chrysoporium* و *T. viride* تولید شد. نسبت C/N مهم‌ترین فاکتور در ترکیبات بستر است. قارچ *Pleurotus* به منبع کربن بیش‌تر و نیتروژن کم نیاز دارد، به همین دلیل

به راحتی می‌تواند بر روی موادی مانند کاه گندم، بقایای پنبه و خاک اره که بـا کمـی ترکیبـات ماننـد دانه گندم و پوسته برنج غنی شده‌اند، رشد نماید (جاه و همکاران، ۱۹۹۷). در این بررسـی نیـز قـارچ *P. ostreatus* به‌عنوان موفق‌ترین تیمار در تجزیه بقایای گیاهی و تغییر نسبت کربن به نیتروژن عمـل نمود.

در کل نتایج به‌دست آمده این پژوهش نشان داد که:

۱- امکان تجزیه بقایای گیاهی با قارچ‌های غیربیماری‌زای گیاهی فراهم می‌باشد. این قارچ‌ها بـه‌دلیـل داشتن سیستم ترشح آنزیم خارج‌سلولی و تماس مستقیم مواد با آنزیم، فرآیند تجزیه را تسریع می‌کنند.

۲- قارچ‌ها به‌طور هم‌زمان چند آنزیم ترشح می‌کنند و امکان تجزیه مواد خـشبی شـامل همـی‌سـلولز، سلولز و لیگنین را بهتر از سایر تجزیه‌کنندگان فراهم می‌کنند.

۳- امکان پرورش قارچ *P. ostreatus* که دارای قدرت بالایی در تجزیه مواد خشبی و بـه‌ویـژه مـواد سلولزی است، در سطح مزرعه و یا به‌صورت کمپوست فراهم است و بـا داشـتن میـزان بـالای مـواد پروتئینی در اندام رویشی و زایشی به‌عنوان منبع غذایی برای انسان و دام در بوم‌نظـام‌هـای کـشاورزی قابل استفاده می‌باشد.

٤- قارچ *T. viride* با وجود توانایی کم‌تر آن در مقایسه با سایر قـارچ‌هـا در تجزیـه مـواد خـشبی و به‌دلیل نقش مهمی که در کنترل زیـستی بیمارگرهـای گیـاهی دارد؛ مـی‌توانـد هـم‌زمـان در دو نقـش تجزیه‌کننده و در مرحله بعدی بازدارنده تعداد زیادی از بیمارگرها در مزرعه مورد استفاده قرار گیرد.

٥- قارچ *A. niger* با این‌که توانایی تجزیه بقایای گیاهی را به‌علت تولید اسپور فراوان و هوازی بودن دارد، اما امکان گسترش آن به سایر مزارع نیز وجود دارد و در شرایط تنش محیطـی بـرای گیاهـان در مزرعه و به‌خصوص محصولات بعد از برداشت مشکلاتی فراهم می‌نماید.

٦- قارچ *P. chrysoporium* ترکیبات لیگنینی را بیش‌تر مورد حمله قرار می‌دهد و با توجه به این‌کـه در بقایای گیاهان یک‌ساله میزان سلولز و همی‌سلولز غالبیت دارد، کاربرد آن نسبت به بقیه قارچ‌هـا در سیستم کشاورزی کم‌تر است.

و نهایت این‌که می‌توان از قارچ‌های *P. ostreatus* یا *T. viride* برای تجزیه بقایای گیاهی کمک گرفت، ولی امکان کاربرد هم‌زمان آن به‌علت تضاد بین آن‌ها در یک فرآیند کمپوسـت‌سـازی و یـا در سطح مزرعه قابل توجیه نمی‌باشد و بسته به شرایط محیطی و هدف نهایی می‌توان یکی از ایـن دو را توصیه نمود.

منابع

1.Broder, M.W., and Wagner, G.H. 1988. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat and soybean residue. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 112-117.

2.Cha, D.Y., Park, J.S., You, C.H., Kim, G.P., Jeon, C.S., and Lee, D.W. 1997. Oyster mushroom cultivation technology and management. Seol, Korea. The Famers Newspaper. 374p.

3.Danielson, R.M., and Davey, C.B. 1973. Carbon and nitrogen nutrition of *Trichoderma*. Soil Biol. Biochem. 5: 505-515.

4.Domasch, K.H., Gams, W., and Anderson, T.H. 1980. Compendium of soil fungi. London, Academic Press. 859p.

5.Ellaiah, P., Adinarayana, K., Bhavan, Y., Padmaja, P., and Srinivasulu, B. 2002. Optimization of process parameters for glucoamylase production under solid state fermentation by a newly isolated *Aspergillus* species. Process Biochem. 38: 615-620.

6.Illman, B.L. 1991. Oxidative Degration of wood Brown-Rot fungi. Active Oxygen/ Oxidative, P 97-106. In: Pell, E., and K. Steffen (eds.), Stress and Plant Metabalism. American Society of Plant Physiologists.

7.Isydorczyk, M., Cui, S.W., and Wang, Q. 2005. Polysaccharide Gums: Structures, Functional Properties, and Applications, P 293-307. In: Cui, S.W. (ed.), Food Carbohydrates. Taylor & Francis. CRC.

8.Jilbert, G. 2010. The biochemistry and structural biology of plant cell wall deconstruction. Plant Physiology. 153: 444-455.

9.Kato, K. 1981. Ultrastructure of the plant cell biochemical viewpoint, P 29-45. In: Tanner, W., and F.A. Loewus (eds.), Encyclopedia of plant physiology: plant carbohydrates II. Springer-Verlag.

10.Keen, A., and Smits, T.F.C. 1989. Application of a mathematical function for a temperature optimum curve to establish different in growth between isolates of a funfus. Nethland J. Plant Pathol. 95: 37-49.

11.Kjeldahl, J. 1883. Neue method zur bestimmung des stickstoffs in organischen körperm. Z. Anal. Chem. 22: 366-382.

12.Komarek, A.R. 1994. Fiber analysis system. United States Patent. 370p.

13.Lafuze, H.H. 1934. Nutrition characteristics of certain wood destroying fungi *Betulinus* Fr., *Fomes pinicola* (Fr.) Cook and *Polystictus versicolor* Fr. Plant Physiology. Pp: 625-646.

14.Morrell, J.J. 1990. Effects of volatile chemicals on the ability of microfungi to arrest basidiomycetous decay. *Material und Organismen.* 25: 267-274.

15.Niladevi, K.N. 2009. Biotechnological potential of agro-industrial residues or bioprocesses: Ligninolytic enzymes, P 397-414. In: Nigam, P.S., and A. Pandey (eds.), Biotechnology for Agro-industrial Residues Utilization. Springer.

16.Pansu, M., and Gautheyrou, J. 2006. Hanbook of Soil Analysis. Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Pp: 278-370.
17.Platt, M., Chet, I., and Henis, Y. 1982. Growth of *Pleurotus ostreatus* on cotton straw. Mushroom J. 20: 425-426.
18.Poppe, J. 2000. Use of Agricultural waste materials in the cultivativation of mushrooms. Mushroom. 15: 1. 3-23.
19.Rossman, A.Y. 1996. Morphological and molecular perspectives on systematics of the Hypocreales. Mycologia. 88: 1-19.
20.Rudnik, E. 2008. Compostable polymer materials. Elsevier, UK, 211p.
21.Schmidt, O. 2007. Wood and Tree Fungi. Springer, Germany, 334p.
22.Schuman, G.E., Stanley, M.A., and Knudsen, D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. Soil Sci. Soc. Am. Pro. 37: 480-481.
23.Shi, X.M., Li, X.G., and Long, R.J. 2010. Dynamics of soil organic carbon and nitrogen associated with physically separated fractions in a grassland-cultivation sequence in the Qinghai-Tibetan plateau. Biol. Fertil. Soils. 46: 103-111.
24.Tabandeh, F., Roaiaie, M., Bambai, B., Molaie, M., and Ghasemi, F. 2010. Isolation and identification of the bagasse degrading microorganisms. Iranian Biology Science. 22: 442-451.
25.Tajik, M.A., Asgharzadeh, A., Khavazi, K., Khanahmadi, A., and Asadi Rahmani, H. 2004. A study on in vitro cellulose degredation by *Aspergillus* spp. 16th Iranian Plant Protection Congress, 294p.
26.Unger, P.W. 1994. Managing Agricultural Residues. Lewis Publishers, 448p.
27.Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods of dietary fibre, neutal detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 10. 3383-3597.
28.Walkly, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(4), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Investigating the decomposition of crop residues using woodborn and soilborn saprophytic fungi

***S.E. Razavi[1], B. Kamkar[2] and H.R. Sadeghipour[3]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Plant Protection, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Dept. of Biology, Golastan University
Received: 09/16/2013; Accepted: 02/01/2014

Abstract

Crop residues are important internal inputs which have been considered for decades to sustain agroecosystems. This experiment was conduceted to evaluate the effect of some fungi on decomposition of crop residues. Crop residues from rice, wheat, cotton, canola and soybean were inoculated with *Pleurotus ostreatus, Phanerochaete chrysoporium*, *Aspergillus niger* and *Trichoderma viride* in vitro. After 30 days, hemicellulose, cellulose, lignin, nitrogen and inorganic carbon were measured in both treated and control samples. The greatest growth rate and establishment occurred for *P. ostreatus* and these parameters declined for *T. viride, A. niger* and *P. chrysoporium* in the written sequence. The rate of fungi establishment after 5 days on different substrata was greatest for soybean and it decreased on cotton, canola, wheat and rice residues. In all residues, hemicellulose was decomposed more than cellulose and lignin. Fungi were also different with respect to their decomposition potentials; maximum hemicellulose decomposition was observed in *P. ostreatus* with a continuous decline in *T. viride*, *A. niger* and *P. chrysoporium*. Maximum cellulose decomposition occurred by *P. ostreatus* and *T. viride* on all substrata except rice. *P. ostreatus* and *P. chrysoporium* (Basidiomycota) had the maximum effect on the residue lignin content, while *T. viride* and *A. niger* (Ascomycota) had less effect under the same environmental conditions. Results revealed maximum nitrogen mobilization on soybean and rice by *A. niger* while the minimum one observed on soybean by *T. viride*, *P. ostreatus* and *P. chrysoporium*. Finally it could be concluded that both fungal species and substrate composition are determining for plant residue decomposition rate.

Keywords: Plant residuce, C/N, Fungi decomposition

* Corresponding Authors; Email: razavi@gau.ac.ir