به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۵۳۰-۵۲۱

ارزیابی امکان تولید قارچ شیتاکه روی ضایعات‌کشاورزی و اثر آنها بر عملکرد و کارایی بیولوژیکی

میترا اسدی دوست طولی[۱]، مهدی بهنامیان*[۲] و سارا دژستان [۳]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل – ایران
۲ . استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل – ایران
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل – ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۰۸

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات تنش شوری بر ویژگی‌های رشدی دو رقم زیتون ‘زرد’ و ‘میشن’، آزمایشی طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ با پنج سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) در محیط کشت بدون خاک در گلخانه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران انجام گردید. در این آزمایش، اثر شوری بر کلیه صفات رشدی در هر دو رقم مورد مقایسه، معنی‌دار بود، به گونه‌ای که وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، طول شاخساره، فاصله میان گره، سطح برگ، سبزینه برگ، تعداد برگ، محتوای نسبی آب برگ، شاخص تحمل به شوری شاخساره و ریشه، به طور معنی‌داری کاهش یافت. ضمن آن که کاهش صفات فوق در رقم ‘زرد’ بیشتر بود و این رقم بیشتر تحت تأثیر شوری قرار گرفت. وزن خشک ساقه، برگ و ریشه در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، به‌ترتیب ۸۰، ۸۰ و ۶۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار نشان دادند. با افزایش سطح شوری، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در برگ هر دو رقم افزایش و غلظت پتاسیم کاهش یافت. افزایش سدیم و کاهش پتاسیم برگ در رقم زرد’ بیشتر بود. وزن خشک اندام هوایی نیز تحت تأثیر غلظت سدیم و پتاسیم برگ قرار گرفت، به گونه‌ای که همبستگی معنی‌داری بین وزن خشک اندام هوایی با غلظت سدیم برگ، غلظت پتاسیم برگ و نسبت سدیم به پتاسیم برگ مشاهده گردید. با ارزیابی شاخص‌های فوق نتیجه‌گیری شد که رقم ‘میشن’ در مقایسه با رقم ‘زرد’ تحمل بیشتری نسبت به شوری دارد.

کلیدواژه‌ها: تنش شوری، رشد رویشی، زیتون، نسبت سدیم به پتاسیم

* نویسنده مسئول
Email: mbehnamian@uma.ac.ir

۱. مقدمه

قارچ خوراکی شیتاکه (*Lentinula edodes*) متعلق به Basidiomycetes می‌باشد. این قارچ از لحاظ میزان تولید جهانی بعد از قارچ دکمه‌ای در رتبه دوم قرار دارد [۸]. قارچ شیتاکه دارای ارزش غذایی بالا و نیز طعمی عالی بوده و در تهیه غذاهای مختلف قابل استفاده می‌باشد. این قارچ دارای مقادیر زیادی از ویتامین‌های مختلف و املاح معدنی نظیر آهن و کلسیم بوده و منبع خوبی از پیش‌ساز ویتامین D می‌باشد [۹ و ۲۲]. امروزه قارچ شیتاکه به دو روش کشت روی کنده‌های چوب درختان یا کشت روی بسترهای جدید نظیر خاک اره، انواع کاه و سبوس پرورش می‌یابد. با وجود این، نوع بستر کشت می‌تواند عملکرد و کارآیی بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار دهد [۲۹]. استفاده از روش کشت کیسه‌ای و به‌کارگیری ضایعات کشاورزی به‌عنوان بستر کاشت از عوامل بسیار مهم در توسعه و تولید این قارچ در کشورهایی است که سابقه تولید این محصول را ندارند. استفاده از این روش پرورش، باعث کوتاه شدن زمان تولید از سه سال به حداکثر یک سال، بهبود مدیریت کشت‌ها و افزایش عملکرد و کارایی بیولوژیکی این محصول می‌شود [۶].

تاکنون از محیط‌های کشت مختلفی برای پرورش قارچ شیتاکه استفاده شده است. از این محیط‌ها می‌توان به تفاله سیب، خاک ارّه بلوط و زبان گنجشک، با حداکثر عملکرد و کارایی بیولوژیکی در بستر تفاله سیب همراه با خاک ارّه بلوط و زبان گنجشک [۳۸]، سویا، ذرت علوفه‌ای، بادام‌زمینی و کاه گندم با حداکثر عملکرد در بستر حاوی بادام‌زمینی [۳۹]، خاک ارّه چوب درختان بلوط همراه با نسبت‌های مختلف کاه گندم با حداکثر عملکرد و کارایی بیولوژیکی در خاک ارّه چوب درختان بلوط با ۱۶ درصد کاه گندم [۲۸]، خاک ارّه، تراشه‌های چوب و شلتوک برنج و مخلوطی از هر کدام از این بسترها با حداکثر عملکرد و کارایی بیولوژیکی در بستری با ترکیب خاک اره، تراشه‌های چوب و شلتوک برنج با هم [۲۶]، پوست فندق مخلوط با سایر ضایعات کشاورزی مانند کاه گندم، خاک ارّه راش، ارزن و پوست گندم [۲۴]، کاه گندم، ذرت و خاک ارّه درخت بلوط با حداکثر محصول، عملکرد، کارآیی بیولوژیکی و سرعت رشد میسلیوم قارچ در بستر کاه گندم [۲۵]، ترکیبات مختلفی از خاک ارّه، سبوس گندم، ارزن، سبوس برنج، ملاس، گچ، سوپر فسفات کلسیم، تفاله چای، ساکارز، اسید سیتریک و کربنات کلسیم با حداکثر عملکرد در بستر حاوی خاک ارّه، سبوس گندم و ارزن [۱] و خاک ارّه درختان مختلف، تراشه‌های چوب و شلتوک برنج و مخلوطی از این بسترها [۲۱] اشاره کرد.

سالیانه حجم عظیمی از مواد لیگنوسلولزی در جهان سالیانه تولید می‌گردد که از این حجم مواد آلی تولید شده، حدود ۴۰۰۰ میلیون تن به‌عنوان مواد زاید به‌شمار آمده و تقریباً ۷۵ درصد از آن مربوط به بقایای غلات است [۳]. این مواد بدون انجام فرآوری مصرف چندانی ندارند. درنتیجه، این ضرورت دیده می‌شود که با روش‌های مناسب از این ضایعات کشاورزی بهره برد. یکی از این روش‌ها استفاده از این ضایعات به‌عنوان بستر رشد قارچ‌های خوراکی می‌باشد [۱۸]. این امر موجب تسهیل در کاهش حجم ضایعات و تسریع فرآیند تجزیه ضایعات لیگنوسلولزی می‌گردد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی عملکرد و کارایی بیولوژیک قارچ شیتاکه روی ضایعات کشاورزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نحوه تهیه اسپان و آماده‌سازی بسترهای کشت

در تحقیق حاضر، کاه گندم، جو و ارزن به‌عنوان بستر اصلی و خاک ارّه درخت صنوبر با نسبت ۱۰ و ۲۰ درصد به‌صورت ترکیبی استفاده شد. کشت خالص قارچ شیتاکه

‘سیلوان ۴۰۸۰’[1] از شرکت پژوهشگران قارچ آرین تهیه و تا زمان استفاده در یخچال، در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای تولید اسپان از دانه ارزن استفاده گردید [۱۹، ۲۰ و ۳۰]. بدین‌منظور، ابتدا دانه‌های ارزن به‌مدت ۲۴ ساعت خیسانده شده و سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شدند تا به حالت نیم‌پز درآیند. پس از آن، برای تنظیم pH و جلوگیری از چسبیدن دانه‌ها، ۱ درصد کربنات کلسیم و ۱ درصد سولفات کلسیم به مخلوط فوق اضافه گردید و مخلوط حاصل در شیشه‌های مربای یک لیتری با درپوش فیلتردار توزیع شده و به‌مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر سترون شدند و پس از مایه‌زنی، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در داخل انکوباتور نگهداری گردیدند. در حدود ۲ هفته بعد از مایه‌زنی، میسلیوم سطح دانه‌ها را پوشاند و برای تلقیح بستر آماده شد [۲].

به‌منظور بررسی قابلیت اندام‌زایی قارچ خوراکی شیتاکه روی بسترهای تهیه شده از ضایعات کشاورزی، ابتدا کاه‌های مورد استفاده با کمک دستگاه خردکن کاه به قطعات ۲ تا ۵ سانتی‌متری خرد شدند. سپس به‌مدت یک شبانه‌روز در آب خیسانده شد و پس از گرفتن آب اضافی، خاک ارّه درخت صنوبر در نسبت ۱۰ و ۲۰ درصد به آنها اضافه شده و در درون کیسه‌های قابل اتوکلاو پلی‌پروپیلن با ابعاد ۴۰ × ۳۰ سانتی‌متر پُر شدند. سپس، کیسه‌ها در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به‌مدت یک ساعت سترون شدند. عمل مایه‌زنی (تلقیح) توسط اسپان تهیه شده تحت شرایط استریل به نسبت ۱۰ درصد وزنی بستر کشت صورت گرفت و به طور یکنواخت با آن مخلوط گردید. درب کیسه‌ها پرس شده و به اتاقک رشد منتقل شدند. پس از رشد میسلیومی و سفید شدن سطح بستر، به‌منظور ایجاد شرایط مناسب برای اندام‌زایی، شوک دما با دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت اعمال گردید. پس از آن، دما به ۲۲ درجه سانتی‌گراد افزایش داده شده و میزان رطوبت به ۸۰ درصد رسانده شد. بعد از گذشت چند روز، درب کیسه‌ها باز شده و رطوبت محیط به ۹۵ درصد افزایش داده شد و بسترها به‌طور کامل از کیسه‌ها جداسازی شدند. بعد از گذشت ۱۰ روز، نقاط قهوه‌ای رنگ روی سطح سفید نمایان گردید و بعد از چند روز اندام بارده قارچ شروع به رشد نمود.

محاسبه عملکرد و کارایی بیولوژیکی

پس از ظهور قارچ‌ها و رسیدن آنها به بلوغ و پیش از خم شدن حاشیه کلاهک، عمل برداشت صورت گرفت. وزن تر آنها به‌کمک ترازو اندازه‌گیری شد و درنهایت، عملکرد به‌صورت گرم در ۵۰۰ گرم وزن تر بستر کشت بیان شد. کارآیی بیولوژیکی نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۳۲]:

رابطه ۱)

$$BE\ (\%) = (FWM/DWS) \times 100$$

در این رابطه، BE کارایی بیولوژیکی (درصد)، FWM وزن تر قارچ تازه برداشت شده و DWS وزن خشک بستر کشت پیش از مایه‌زنی می‌باشد [۳۲].

اندازه‌گیری محتوای رطوبتی، pH و ترکیبت شیمیایی بسترهای کشت

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای رطوبتی بسترهای کشت، ابتدا ۱۰۰ گرم از هر یک از مواد مورد استفاده، وزن گردید. درون پاکت‌های کاغذی ریخته شده و در دستگاه آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت سه روز قرار داده شدند و درنهایت وزن نمونه‌های خشک شده اندازه‌گیری گردید.

1. Sylvan 4080

سپس، وزن آب با کسر وزن خشک از وزن تر به‌دست آمد و درصد محتوای رطوبتی بسترهای کاشت طبق رابطه زیر محاسبه گردید [۳۲]:

رابطه ۲)

۱۰۰ × (وزن تر/ وزن آب) = محتوای رطوبتی (٪)

به منظور اندازه‌گیری pH بسترهای کشت نیز ابتدا ۵ گرم از نمونه‌های خشک‌شده در آون، آسیاب شده و به نسبت ۱:۱۰ با آب دیونیزه (pH = ۷) مخلوط گردید. سپس، مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه تکان داده شده و از کاغذ صافی عبور داده شد. در نهایت pH عصاره‌های حاصل به کمک دستگاه pHمتر قرائت گردید [۱۴].

جدول ۱ . ترکیب شیمیایی مواد مورد استفاده برای تهیه بستر کشت

ماده	pH	رطوبت (٪)	لیگنین (٪)	همی‌سلولز (٪)	سلولز (٪)	C/N	پروتئین (٪)	نیتروژن (٪)	کربن آلی (٪)
کاه گندم	۷/۰۰	۸۰/۰۷	۱۰/۸۵	۱۱/۶	۳۴/۵۹	۴۶/۴۵	۴/۵۳	۱/۰۳	۴۸/۰۸
کاه جو	۶/۲۷	۷۱/۳۱	۴/۵۳	۲۳/۱	۳۶/۹۶	۴۰/۸۱	۵/۹۰	۱/۳۴	۵۴/۹۹
کاه ارزن	۶/۷۱	۷۳/۸۸	۲/۶۶	۳۳/۱۵	۳۷/۹۳	۵۷/۶۳	۵/۰۶	۰/۹۲	۵۳/۴۳
خاک اره	۶/۲۴	۷۹/۴۵	۳۴/۴۷	۱/۸	۴۰/۶۲	۷۸/۲۶	۳/۲۱	۰/۷۳	۵۷/۵۲

برای تعیین نیتروژن کل از روش کجلدال و برای محاسبه پروتئین موجود در بسترهای کشت از ضریب ۴/۳۸ استفاده گردید [۱۷]. اندازه‌گیری کربن آلی نیز به‌روش رنگ‌سنجی صورت گرفت [۳۱]. برای تعیین میزان فیبر (سلولز + همی‌سلولز + لیگنین) بسترها از روش تعیین فیبر و الیاف نامحلول با دو روش NDF[1] (شوینده‌های خنثی فیبر) و ADF[2] (شوینده‌های اسیدی فیبر) [۳۷] و برای تعیین میزان لیگنین از روش ADL[3] (شوینده‌های اسیدی لیگنین) استفاده گردید (جدول ۱) [۳۶].

رابطه ۳)

سلولز = ADF - ADL

رابطه ۴)

همی‌سلولز =NDF - ADF

رابطه ۵)

لیگنین = (ADL / ماده آلی) ×۱۰۰

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار عناصر آهن، منگنز و روی موجود در بسترهای کشت، ابتدا میزان ۵ گرم از هر ماده خشک بستر کشت، وزن گردیده و در درون بوته چینی ریخته شد و به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره قرار گرفت. ۴۱/۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک در بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری با آب دیونیزه به حجم رسانده شده و میزان ۱۰ میلی‌لیتر از این محلول، به هرکدام از نمونه‌ها اضافه گردید. پس از آن، نمونه‌ها روی هیتر قرار گرفته و به‌محض مشاهده اولین علائم جوشش، آنها از روی هیتر برداشته شده و از صافی عبور داده شدند. سپس، حجم عصاره‌های حاصل با آب دیونیزه به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. میزان عناصر آهن، روی و منگنز

1. Neutral Detergent Fiber
2 . Acid Detergent Fiber
3 . Acid Detergent Lignin

موجود در هر نمونه برحسب میلی‌گرم در لیتر توسط روش جذب اتمی محاسبه گردید [۵]. برای اندازه‌گیری عناصر پرمصرف (منیزیم، کلسیم و پتاسیم)، ابتدا عصاره‌های تهیه شده به روش فوق به نسبت ۱ به ۹ رقیق شده و بعد از کالیبره نمودن دستگاه فلیم‌فتومتر اعداد مربوط به هر عنصر، قرائت گردید (جدول ۲) [۱۳].

جدول ۲. میزان عناصر غذایی موجود در بسترهای کشت

ماده	منیزیم (mg/l)	کلسیم (٪)	پتاسیم (٪)	آهن (mg/l)	روی (mg/l)	منگنز (mg/l)
کاه گندم	۲۷/۵	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۸۰	۰/۱۵	۰/۱۵
کاه جو	۳۰/۰۰	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۱۰	۰/۲۵
کاه ارزن	۱۸/۷۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۲۵
خاک اره	۲۲/۵۰	۰/۲۰	۰	۰/۷۵	۰/۱۵	۰/۵۰

تجزیه آماری

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گردید. فاکتورها شامل بسترهای کشت اصلی (کاه گندم، کاه جو و کاه ارزن) و خاک ارّه (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) به‌صورت ترکیبی بودند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین بسترهای کشت اصلی در صفات میانگین مجموع وزن تر، میانگین مجموع وزن خشک، عملکرد و کارایی بیولوژیکی نشان داد ولی اثر اصلی خاک ارّه و اثر متقابل بستر در خاک‌ارّه در هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳ . تجزیه واریانس اثر بستر و مکمل غذایی بر خصوصیات زایشی قارچ خوراکی شیتاکه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		میانگین مجموع وزن تر	میانگین مجموع وزن خشک	عملکرد	کارایی بیولوژیکی
بستر کشت اصلی	۲	۶۲۳۷/۵۵۲**	۶۶/۲۵۷**	۲۴۹/۵۰۲**	۱۹۱۹/۹۹۸**
خاک ارّه	۲	۳۴۸/۳۲۰	۲/۹۱۹	۱۳/۹۳۳	۶/۸۵۶
بستر × خاک ارّه	۴	۳۳۶۷/۷۲۳	۳۴/۱۴۳	۱۳۴/۶۹۱	۲۰۰۳/۹۸۲
خطا	۱۸	۱۴۸/۴۰۰	۱/۸۹۴	۵/۹۳۶	۹۶/۱۵۳
کل	۲۶				
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۸۶	۱۶/۴۸	۱۴/۸۵	۱۴/۳۶

** – نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns – نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار

براساس مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن، بیشترین وزن تر، وزن خشک، کارایی بیولوژیک و عملکرد محصول در بستر کاه جو خالص (به‌طور میانگین ۷ کلاهک با میانگین قطر ۶۷/۲ میلی‌متر) و کمترین وزن تر، وزن خشک، عملکرد و کارایی بیولوژیکی نیز در بستر کاه گندم مشاهده شد (به‌طور میانگین یک کلاهک با میانگین قطر ۸۰/۶ میلی‌متر). علاوه براین، بسترهای ترکیبی کاه جو با ۱۰ درصد خاک اره، کاه گندم با ۲۰ درصد خاک اره، کاه ارزن خالص و کاه ارزن با ۱۰ درصد خاک اره اختلاف معنی‌داری با بستر کاه جو خالص در کارآیی بیولوژیکی نداشتند (جدول ۴). در مجموع، باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بسترهای کاه ارزن خالص و ترکیب کاه ارزن با ۱۰ درصد خاک اره از میانگین وزن تر و خشک بالاتر و همچنین عملکرد بیشتری برخوردار بودند (جدول ۲).

جدول ۴ . مقایسه میانگین اثرات متقابل سوبسترا و مکمل غذایی بر خصوصیات زایشی قارچ خوراکی شیتاکه

ماده	خاک ارّه	میانگین مجموع وزن تر (g)	میانگین مجموع وزن خشک (g)	عملکرد محصول (g/500g WWS)†	کارایی بیولوژیکی (٪)
	شاهد	۲۶/۴۰^{e}	۲/۶۵^{e}	۲۶/۵۰^{e}	۲۶/۵۰^{d}
کاه گندم	۱۰ درصد خاک اره	۳۳/۷۰^{e}	۳/۴۵^{e}	۳۳/۷۵۰^{e}	۳۸/۶۵^{cd}
	۲۰ درصد خاک اره	۸۶/۳۰^{bc}	۸/۸۰^{bc}	۸۶/۲۵^{bc}	۸۳/۴۰^{ab}
	شاهد	۱۲۶/۴۵^{a}	۱۲/۷۵^{a}	۱۲۶/۵۰^{a}	۸۸/۱۵^{a}
کاه جو	۱۰ درصد خاک اره	۹۲/۰۰^{bc}	۹/۸۰^{bc}	۹۲^{bc}	۷۷/۰۰^{ab}
	۲۰ درصد خاک اره	۷۴/۴۰^{cd}	۷/۶۵^{cd}	۷۴/۵۰^{cd}	۶۸/۲۵^{b}
	شاهد	۱۰۵/۱۰^{b}	۱۰/۶۰^{ab}	۱۰۵/۰۰^{b}	۸۰/۸۰^{ab}
کاه ارزن	۱۰ درصد خاک اره	۱۰۳/۵۵^{b}	۱۰/۴۵^{ab}	۱۰۳/۵۰^{b}	۸۰/۴۰^{ab}
	۲۰ درصد خاک اره	۲۶/۲۰^{d}	۶/۲۵^{d}	۶۲/۲۵^{d}	۴۸/۶۰^{c}

† گرم در ۵۰۰ گرم وزن تر سوبسترا

عملکرد قارچ خوراکی شیتاکه به عواملی نظیر سطح pH [۲۴]، رطوبت بستر [۳۲]، محتوای لیگنین، سلولز و همی‌سلولز [۲۷] و همچنین میزان کربن [۳۳] و نیتروژن [۷] بستر کشت بستگی دارد. بنابراین در مطالعه حاضر، بالا بودن عملکرد قارچ شیتاکه در بستر کاه جو را می‌توان به سطح مناسب pH (۶/۲۷)، درصد رطوبت (۷۱/۳۱ درصد)، نسبت مناسب C/N (۴۰/۸۱)، محتوای لیگنین پایین (۴/۵۳ درصد)، سلولز و همی‌سلولز بالا (۶۰/۰۶ درصد) و همچنین محتوای کربن (۵۴/۹۹ درصد) و پروتئین (۵/۹۰ درصد) بالای این بستر نسبت داد. علاوه بر این، بستر کاه جو از لحاظ مواد غذایی و عناصر معدنی رشد نظیر منیزیم، کلسیم، پتاسیم، منگنز، آهن و روی که دارای نقش مثبت در افزایش فعالیت آنزیمی و رشد میسلیومی هستند، در مقایسه با سایر بسترهای مورد مطالعه غنی‌تر بود. این عناصر در فعال‌سازی آنزیم‌های مهم لیگنوسلولزی از جمله لاکاز نقش داشته و باعث تخریب ترکیبات پلی‌ساکاریدی بستر کشت گردیده و درنتیجه میزان کازئین و دکستروز افزایش می‌یابد [۱۰ و ۱۲]. علاوه بر این، عنصر منیزیم در

متابولیسم ATP و حذف ترکیبات سمی در سلول‌های قارچی و عنصر منگنز در چرخه TCA و سنتز اسید نوکلوئیک دارای نقش مثبت بوده و با افزایش مواد غذایی در دسترس، انرژی بیشتری برای رشد و نمو میسلیوم فراهم گشته و باعث افزایش عملکرد طی مرحله باردهی قارچ می‌شود. از سوی دیگر، وجود منبع کربوهیدراتی بالا در کاه جو (۵۴/۹۹ درصد) باعث افزایش تنفس سلولی شده و با تبدیل ترکیبات کربنی قابل استفاده موجود از جمله رافینوز و گلوکز در بستر به مونوساکاریدهای قابل جذب، موجب افزایش ظهور اندام‌های بارده و درنتیجه افزایش عملکرد می‌گردد [۱۰].

در تحقیق حاضر، کاه ارزن با وجود دارا بودن شاخص-های القاءکننده رشد مناسب به‌ویژه محتوای لیگنین پایین‌تر (۲/۶۶ درصد) و سلولز و همی‌سلولز بالاتر (۷۱/۰۸ درصد) از عملکرد و کارایی بیولوژیکی پایین‌تری نسبت به کاه جو برخوردار بود، هرچند اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت. بنابراین، با در نظر گرفتن نسبت C/N بالا (۵۷/۶۳) در این بستر می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که این عامل از اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل مؤثر در رشد برخوردار است [۱۱].

در این مطالعه، کمترین عملکرد و کارآیی بیولوژیک در بستر کاه گندم خالص (۲۶/۸۱ درصد) اتفاق افتاد، اما اندازه قطر کلاهک در این بستر، بیشتر از سایر بسترهای کشت مورد مطالعه بود. تجزیه ترکیب شیمیایی بسترهای کشت نشان داد که کاه گندم بالاترین میزان لیگنین (۱۰/۸ درصد) و پایین‌ترین میزان سلولز و همی‌سلولز (۴۶/۱۹ درصد) را در مقایسه با سایر بسترهای مورد مطالعه دارا بود. بنابراین، آنزیم‌های درگیر در تجزیه کاه‌ها مانند پراکسیدازهای اکسیدکننده منگنز، لیگنین پراکسیداز، همی پراکسیداز و آریل الکل اکسیداز به زمان بیشتری برای تجزیه لیگنین کاه نیاز داشته و درنتیجه به زمان طولانی‌تری برای باردهی نیاز است [۱۸]. از سوی دیگر، محتوای رطوبت بالا (۸۰/۰۷) و سطح بالای pH نیز در کاهش فعالیت آنزیم لاکاز و پراکسیداز نقش دارند [۳۵]. با افزایش سطح رطوبت در بستر کاشت، به‌دلیل کاهش تهویه و بروز شرایط غیرهوازی، عناصر غذایی، غیرقابل هضم و استفاده برای قارچ می‌شوند [۴ و ۲۳]. درمجموع، این عوامل همراه با نسبت بالای C/N در کاه گندم (۴۶/۴۵) می‌توانند باعث طولانی شدن زمان آغاز باردهی و درنتیجه کاهش عملکرد و کارایی بیولوژیک شوند [۳۴].

در بستر کاه گندم با افزایش سطح خاک ارّه، عملکرد و کارایی بیولوژیک افزایش یافت، به‌طوری‌که با افزایش سطح خاک‌ارّه از ۱۰ به ۲۰ درصد به‌ترتیب ۵ و ۴ کلاهک با میانگین قطر ۶۳/۷ و ۶۳/۸ میلی‌متر به‌دست آمد. به‌طور جالب توجه، کارایی بیولوژیک در ترکیب کاه گندم با ۲۰ درصد خاک ارّه با وجود عملکرد پایین در مقایسه با کاه ارزن و ترکیب کاه ارزن با ۱۰ درصد خاک ارّه، بالاتر بود که این امر می‌تواند به محتوای رطوبت بالای بستر کاه گندم و همچنین استفاده از وزن خشک بستر در محاسبه کارایی بیولوژیک نسبت داده شود.

درمجموع با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از خاک ارّه در بستر کاه گندم می‌تواند منجر به بهینه‌سازی سطح pH و رطوبت [۱۵] و در نهایت، بهبود شرایط رشد قارچ شود، ولی افزودن خاک ارّه به بستر حاوی کاه جو و ارزن باعث انحراف نسبت C/N بستر از حد بهینه [۱۱] و افزایش محتوای لیگنین [۱۶] و درنتیجه کاهش عملکرد و کارایی بیولوژیک می‌گردد.

بررسی نتایج حاکی از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که کاه جو و ارزن به‌دلیل دارا بودن شاخص‌های القاءکننده رشد مناسب و همچنین داشتن مواد آلی و معدنی مهم می‌توانند برای تولید قارچ دارویی شیتاکه یک بستر بسیار

مؤثر باشند و در مقایسه با کاه گندم از راندمان تولید بهتری برخوردار می‌باشند. همچنین، در بین بسترهای کشت مورد مطالعه، بالاترین کارایی بیولوژیک در تیمارهای جو شاهد (بدون خاک ارّه) به‌دست آمد و اختلاف معنی‌داری با بستر ترکیبی کاه گندم با ۲۰ درصد خاک ارّه نداشت. درنتیجه کاه گندم درصورتی‌که همراه با خاک ارّه به‌عنوان بستر کشت مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند برای تولید قارچ شیتاکه یک بستر مناسب باشد.

منابع

۱. رازقی یدک ل، عزیزی م و فارسی م (۱۳۸۸) مطالعه تأثیر ترکیب‌های مختلف سوبسترا بر فرآیند میوه‌دهی قارچ شیتاکه (اولین گزارش تولید در ایران). پژوهش-های زراعی ایران. ۸(۳): ۵۰۱-۵۰۷.

۲. محمدی گل‌تپه ا و پورجم ا (۱۳۸۳) اصول پرورش قارچ‌های خوراکی. چاپ ششم، دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۷۲۲ ص.

3. Arora JK, Kakkar VK, Sukhvir K and Kaur S (1994) Bioconversion of agro residues for food and feed. Science and Cultivation of Edible Fungi. 15: 3-4.

4. Banik S and Nandi R (2004) Effect of supplementation of rice straw with biogas residual slurry manure on the yield, protein and mineral contents of oyster mushroom. Industrial Crops and Products. 20: 311-319.

5. Caglarirmak N (2007) The nutrients of exotic mushrooms (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an estimated approach to the volatile compounds. Food Chemistry. 105: 1188-1194.

6. Chang ST and Miles PG (2004) Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2nd Ed. CRC Press LLC, US, 477 p.

7. Curvetto NR, Figlas D, Devalis R and Delmastro S (2002) Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH_4 and/or Mn (II). Bioresource Technology. 84: 171-176.

8. Gaitan-Hernandez R, Esquedda M, Gutierrez A and Beltran-Garcia M (2011) Quantitative changes in the biochimical compostitation of lignocellulosic residues during the vegetetive growth of *Lentinula edodes*. Brazilian Journal of Microbiology. 42: 30-40.

9. Gregori A, Vagelj M and Pohleven J (2007) Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. Food Technology and Biotechnology. 45: 238-249.

10. Iqbal HMN, Asgher M and Bhatti HN (2011) Optimization of physical and nutritional factors for synthesis of lignin degrading enzymes by novel strain of *Trametes versicolor*. Bioresource. 6: 1273-1287.

11. Jadhav DM and Gawai DU (2012) Effect of different nutrient sources on biomass production of phylloplane yeast *Aureobasidium pullulans* (De Bary). International Research Journal of Biological Sciences. 1: 85-87.

12. Jonathan SG and Fasidi IO (2001) Effect of carbon, nitrogen and mineral sources on the growth of *Psathyrella atroumbonata* (Pegler), a Nigerian edible mushroom. Food Chemistry. 72: 479-483.

13. Jones Jr and Benton J (2001) Laboratory guide of conducting soil tests plant and plant analysis. 3th Ed. CRC Press LLC, US, 382 p.

14. Kadriri M, Kehinde IA and Adegboye OTH (2007) Responses of *Lentinula subnudus* Berk to varying pH and photoperiods. Advances in Science and Technology. 2: 150-154.

15. Korley-Kortei N and Wiafe-Kwagyan M (2014) Evaluating the effect of gamma radiation on eight different agro-lignocellulose waste materials for the production of oyster mushrooms (*Pleurotus eous* (Berk.) Sacc. strain P-31, *Croatian*. Journal of Food Technology. Biotechnology and Nutrition. 9: 83-90.

16. Mahdavi M and Bolandnazar S (2012) Application of organic nitrogen supplementations increases the yield of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). Research in Plant Biology. 2: 10-15.

17. Manzi P, Gambelli L, Marconi S, Vivanti V and Pizzoferrato L (1999) Nutrients in edible mushrooms: An inter-species comparative study. Food Chemistry. 65: 477-482.

18. Martinez-carrera D, Aguilar A, Martinez W, Bonilla M, Morales P and Sobal M (2000) Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico. In: Sera T, Soccol C and Pandey A (Eds.), Coffee biotechnology and quality. Roussos, S. Pp. 471-488.

19. Mata G, Gaitán-Hernández R, Pérez-Merlo R and Ortega C (2002) Improvement of Shiitake spawn for culturing on pasteurized wheat straw. Mushroom Biology and Mushroom Products. 968: 878-105.

20. Mata G, Savoie JM, Delpech P and Olivier JM (1998) Reductions in the incidence of *Trichoderma* spp. using substrate supplementation with peat and an alternative spawn during cultivation of *Lentinula edodes* on pasteurised wheat straw. Agronomie. 18: 515-520.

21. Nunes MD, DaLuz JMR, Paes SA, Ribeiro JJR, DaSilva MDCS and Kasuya MCM (2012) Nitrogen supplementation on the productivity and the chemical composition of oyster mushroom. Journal of Food Research. 1: 113-119.

22. Okhuoya JA, Akpaja, EO, Osemwegle OO, Oghenekaro AO and Ihayere C (2010) Nigerian mushrooms: underutilized non-wood forest resources. Journal of Application Sciences in Environmental Management. 14: 43-54.

23. Patil S (2012) Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* on different agro wastes. Science Research Reporter. 2: 225-228.

24. Peksen A and Ozcelik E (2007) Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). Bioresource Technology. 98: 2652-2658.

25. Philippoussis A, Diamantopoulou P and Israilides C (2007) Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. International Biodeterioration and Biodegradation. 59: 216-219.

26. Rossi IH, Monterio AC, Machado JO, Andrioli JL and Barbosa JC (2003) Shiitake (*Lentinula edodes*) production on a sterilized bagasse substrate enriched with rice bran and sugarcane molasses. Brazilian Journal of Microbilogy. 34: 66-71.

27. Royse DJ (1985) Effect of spawn run time and substrate nutrition on yield and size of the shiitake mushroom. Mycologia. 77: 756-762.

28. Royse DJ and Sachez JE (2007) Ground wheat straw as a substitute for oak wood chips used in shiitake (*Lentinula edodes*) substrate formulae. Bioresource Technology. 98: 2137-2141.

29. Sánchez C (2010) Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. Applied Microbiology and Biotechnology. 85: 1321-1337.

30. Seungwoo K (2005) Mushroom growers' handbook 2. 1th Ed. MushWorld, Korea, 292 p.

31. Shaw K (1959) Determination of organic carbon in soil and plant material. Journal of Soil Science. 10: 316-326.

32. Shen Q, Lio P, Wang X and Royze DJ (2008) Effects of substrate moisture content, sand filter porosity on shiitake (*Lentinula edodes)* yield. Bioresource Technology. 99: 8212-8216.

33. Song CH and Chow KY (1987) A synthetic medium from the production of submerged cultures of *Lentinus edodes*. Mycologia. 79: 866-876.

34. Stajic M, Persky L, Hadar Y, Friesem D, Dultic-Lausevic S, Wasser SP and Nevo E (2006) Effect of copper and manganese on activies of laccase and peroxidase in three *Pleurotus* species grown on agricultural wastes. Applied Biochemistry and Biotechnology. 128: 87-96.

35. Sudha H and Padma N (2013) Optimization of lignin peroxidase, manganese peroxidase, and lac production from *Ganoderma lucidum* under solid state fermentation of pineapple leaf. Bioresources. 8: 250-271.

36. Van Soest PJ (1994) Nutritional ecology of the ruminant. 2th Ed. Cornell University Press, Ithac. 488 p.

37. Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Sciences. 74: 3583-3597.

38. Worrall JJ and Yang S (1992) Shiitake and oyster mushroom production on apple pomace and sawdust. Applied Biochemistry and Biotechnology. 27: 1131-1133.

39. Yiliz A (1999) The effects of some plant materials on the growth and productivity of *Pleurotus florida* Fovose. Turkish Journal of Biology. 23: 67-72.