Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 2, Summer 2019 (295-310)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.247492.1359

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸ (ص ۳۱۰-۲۹۵)

ارزیابی تأثیر غنی‌سازی بستر کشت با مکمل‌های شیمیایی و زیستی بر برخی ویژگی‌های کیفی و عملکرد قارچ صدفی (*Pleurotus ostreatus*)

داریوش رمضان[۱]، فاطمه مرادی‌پور[۲*] و محمد مهدی ضرابی[۳]

۱. استادیار علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. دانشجوی سابق دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵)

چکیده

ترکیب غذایی بستر کشت، یکی از مهمترین عوامل اصلی در رشد و نمو قارچ صدفی (*Pleurotus ostreatus*) می‌باشد. در این پژوهش اثرات ترکیبی مکمل‌های شیمیایی شامل سولفات‌مس (۱۰۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بستر کشت)، نیترات‌آمونیوم (۱۵۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بستر کشت)، نیترات‌منیزیم (۱۰۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بستر کشت) و مکمل زیستی باکتری ریزوبیوم (۱۰۸ باکتری در هر میلی‌لیتر برای یک کیلوگرم اسپاون) و همچنین بسترهای کشت خاک اره، کلش گندم، باگاس نیشکر، کلش برنج و ضایعات صنایع روغن‌کشی زیتون و ترکیبی از آنها، جهت پرورش قارچ، مورد مطالعه قرار گرفتند. مقادیر نیتروژن اندام بارده قارچ در بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاک‌اره به‌ترتیب، ۸/۹۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک و ۲/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بود. همچنین مقدار ریبوفلاوین قارچ‌های حاصل از بستر کشت ترکیبی باگاس نیشکر و تفاله زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاک‌اره به‌ترتیب ۴/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک و ۱/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک ثبت شد. همچنین مرحله پنجه‌دوانی میسلیوم در بسترکشت ترکیبی کلش گندم با ضایعات زیتون در مدت‌زمان ۱۶/۲ روز انجام شد. نتایج نشان داد که عملکرد کل (مجموع سه چین) اندام میوه‌ای در بستر کشت ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون غنی‌شده با نیترات‌آمونیوم و بستر کشت غیرترکیبی خاک‌اره غنی‌شده با سولفات‌مس به‌ترتیب ۱۸۶۲/۳۵ و ۸۴۰/۹۰ گرم بود؛ بنابراین در این پژوهش بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون که با نیترات‌آمونیوم غنی شده بود، بستر مناسبی جهت تولید قارچ صدفی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزش غذایی، اندام میوه‌ای، باکتری ریزوبیوم، ضایعات صنعتی و کشاورزی.

Evaluation effects of substrate enrichment by chemical and biological supplements on some qualitative characteristics and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)

Dariush Ramezan[1], Fatemeh Moradipour[2*] and Mohammad Mahdi Zarabi[3]

1. Assistant Professor of Horticulture Science, Department of Horticulture and landscaping, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
2. Former Ph. D. Student, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran
3. Assistant Professor of Horticultural Sciences Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

(Received: Dec. 9, 2017 - Accepted: Feb. 14, 2018)

ABSTRACT

Substrate composition is one of the most important determinants of the growth and development of oyster mushroom.In this study, the combined effects of chemical supplements including copper sulfate (100 ug/g D.M of substrate), ammonium nitrate (150 ug/g D.M of substrate), magnesium nitrate (100 ug/g D.M of substrate) and biological supplementation of rhizobium bacteria (108 bacterium per ml for one kilogram of spawn) and also, substrates of sawdust, wheat straw, sugarcane bagasse, rice straw and olive-oil industry wastes and ratios from substrates, were studied for the cultivation of mushroom. Nitrogen of fruit body in combined substrate of wheat straw with olive pomace and the non-combined substrate of sawdust were 8.91 mg/100g D.W. and 2.6 mg/100g D.W. respectively. Also amount of riboflavin in combined substrate of sugarcane bagasse with olive pomace and the non-combined substrate of sawdust were 4.9 mg/100g D.W.. and 1.4 mg/100g D.W.. respectively. Also, spawn run-stage was completed in 16.2 days in combined substrate of wheat straw with olive-oil industry wastes. The results showed that total yield (total of three flush) of fruit body in combined substrate of wheat straw and olive-oil industry wastes that enriched with chemical supplementation of ammonium nitrate and the non-combined substrate of sawdust enriched with copper sulfate was 1862.35g and 840.90g respectively.Therefore, combined substrate of wheat straw and olive-oil industry wastes that enriched with ammonium nitrate, is a suitable substrate for the production of ostreatus mushrooms.

Keywords: Fruit body, industrial and agricultural wastes, nutritional value, rhizobium bactera.

* Corresponding author E-mail: moradipour21@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با افزایش جمعیت و کمبود غذا، استفاده از بقایای به ظاهر کم‌ارزش کشاورزی (کلش گندم، کلش برنج، باگاس نیشکر)، ضایعات صنایع چوب (خرده چوب) و صنعتی (ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون) جهت استفاده در تولید مواد خوراکی، بیش از پیش در جهان مرسوم می‌گردد. عدم استفاده مناسب و به‌موقع از این منابع عظیم، منجر به از بین رفتن آنها گشته و آلودگی محیط زیست را به همراه دارد (Mohammadi Goltapeh & Pourjam, 1994; Tajeddin, 1994; Azizi, 1997). کشت انواع قارچ روی ضایعات لیگنوسلولزی حاصل از صنایع تبدیلی و تکمیلی کشاورزی (استفاده ترکیبی از ضایعات)، یکی از مهم‌ترین فرآیندهای بازیافت مواد آلی و تبدیل آن به یک ماده غذایی با ارزش می‌باشد (Salman Naeem *et al*., 2014).

غنی‌سازی بستر پرورش قارچ صدفی با مکمل‌های غذایی منجر به افزایش تولید قارچ می‌گردد (Shashirekha *et al*., 2005; Jafarpour *et al*., 2009). نتایج سایر پژهشگران نشان داد که زمان کامل‌شدن پنجه‌دوانی میسلیوم و برداشت محصول قارچ‌های اوستراتوس و ارینجی پرورش‌یافته روی بستر کشت خاک‌اره، سریع‌تر از بستر ضایعات مزارع پنبه و پسماندهای صنایع کاغذ بود (Salman Naeem *et al*., 2014). همچنین مشخص شد که رشد میسلیوم قارچ صدفی روی بستر ترکیبی باگاس نیشکر و خاک‌اره) در مقایسه با بسترهای غیرترکیبی افزایش یافت (Vetayasuporn *et al*., 2006). در پژوهشی دیگر مشخص شد که مقادیر پروتیین، خاکستر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منگنز و روی اندام میوه‌ای قارچ صدفی پرورش‌یافته در بستر ترکیبی باگاس نیشکر و ساقه ذرت بیشتر از بستر غیرترکیبی خاک‌اره بود (Hoa *et al*., 2015). غنی‌سازی بستر کشت غیرترکیبی کلش برنج با ۰/۵ درصد نیتروژن، ۰/۳ درصد فسفر (P_2O_5) و ۰/۳ درصد پتاسیم (K_2O)، بازده بیولوژیکی قارچ صدفی را تا ۱۵۶/۳۲ درصد افزایش داد (Rahman *et al*., 2013). در پژوهشی با ارزیابی ضایعات مختلف محصولات کشاورزی مشخص شد که بیشترین (۲۷ روز) طول دوره رشد قارچ‌های اوستراتوس فلوریدا به بستر کشت ترکیبی کلش جو با سبوس برنج اختصاص دارد (Jafarpour& Eghbalsaeed, 2012).

آنزیم‌های موجود در قارچ صدفی، دیواره سلولی مواد گیاهی را تجزیه می‌کنند و ترکیبات آن‌را به‌صورت محلول و قابل جذب توسط میسلیوم درمی‌آورند (Motaghi, 2006)؛ بنابراین شرایط محیطی مناسب (رطوبت، نیتروژن بستر کشت) جهت فعالیت این آنزیم‌ها سبب می‌گردد که مواد لیگنوسلولزی بستر کشت قارچ با سرعت بیشتری تجزیه گردیده و مواد غذایی آن در دسترس قرار گیرد. همچنین با توجه به نقش عناصر کم‌مصرف به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌های تجزیه‌کننده بقایای گیاهی (Curvetto *et al*., 2002; Weil *et al*., 2006)، به‌نظر می‌رسد که غنی‌سازی بسترهای کشت با ترکیباتی که حاوی عناصر کم‌مصرف (Stajic *et al*., 2006) می‌باشند نیز بتواند با افزایش فعالیت آنزیم‌های موجود در قارچ‌های ساپروفیت، عملکرد قارچ را افزایش دهند. در یک تحقیق صورت‌گرفته نشان داده شد که ترکیب قارچ EM-I (نوعی مکمل زیستی) با بستر کشت کلش برنج، علاوه بر افزایش عملکرد قارچ فلوریدا، سبب کاهش لیگنین و همچنین افزایش مقادیر پروتیین، خاکستر و سلولز بستر کشت نیز گردید (Mapanao *et al*., 2016). در پژوهشی دیگر مشخص گردید که میکروارگانیسم EM (مکمل زیستی) میانگین وزن کل اندام میوه‌ای قارچ صدفی را ۲ تا ۴ برابر افزایش داد (Vetayasupom, 2004)؛ بنابراین با توجه به ارزش غذایی پایین برخی از ترکیبات صنعتی و کشاورزی (بسترهای کشت رایج)، بررسی تأثیر غنی‌سازی بسترهای ترکیبی و غیرترکیبی با مکمل‌های شیمیایی و زیستی بر برخی از خواص کمی و کیفی قارچ صدفی اوستراتوس مورد تحقیق قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بستر کشت

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. آماده‌سازی بستر کشت، پرورش و تولید اندام بارده قارچ تحت شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

کنترل‌شده در کارگاهی خصوصی در شهر خرم‌آباد و همچنین کارهای آزمایشگاهی در مجموعه تحقیقاتی وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال۱۳۹۶ انجام شد. در این آزمایش، فاکتور اول بسترهای کشت شامل خاک‌اره یا تراشه چوب (تهیه‌شده از استان لرستان)، کلش گندم (مزارع استان لرستان)، باگاس نیشکر (شرکت نیشکر هفت‌تپه اهواز)، کلش برنج (مزارع استان لرستان)، ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون (تفاله زیتون، تهیه‌شده از صنایع روغن‌گیری شهرستان منجیل)، همچنین ترکیب دو به دو بسترهای فوق‌الذکر به نسبت مساوی به جز ضایعات صنایع روغن کشی زیتون (به میزان ۲۰ درصد) می‌باشند (جدول ۱). فاکتور دوم آزمایش مکمل‌های شیمیایی شامل سولفات‌مس پنج آبه (۱۰۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بستر کشت)، نیترات‌آمونیوم (۱۵۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بستر کشت)، نیترات‌منیزیم (۱۰۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بستر کشت) و مکمل زیستی باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) که یک میلی‌لیتر از مایه تلقیح سویه باکتری ریزوبیوم به ازای هر کیلوگرم اسپان (در واقع در یک میلی‌لیتر از مایه تلقیح سویه، ۱۰۸ باکتری موجود بوده است، بعد از استریل بستر کشت به آن اضافه شد. بسترهای کشت به‌صورت یکنواخت به قطعات ۶-۵ سانتی‌متری تقسیم و به‌مدت ۴۵ دقیقه در آب‌جوش استریل شدند و همچنین رطوبت بستر بین ۷۰ تا ۷۵ درصد تنظیم گردید. پس از این مرحله، بستر جهت کشت آماده گردید. همچنین ترکیبات شیمیایی فوق‌الذکر همراه با اسپاون به بستر کشت اضافه گردید.

تلقیح بستر کشت، رشد رویشی و تشکیل اندام باردهی

اسپاون قارچ صدفی (میسلیوم رشدکرده روی بذور گندم) از شرکت قارچ آرین تهران تهیه گردید. تلقیح بستر کشت به نسبت ۲/۵ درصد (بر اساس وزن تر بستر کشت، وزن هر کیسه ۵ کیلوگرم) انجام شد. همچنین جهت رشد میسلیوم‌ها، دمای محیط کشت در محدوده ۲۴ درجه سانتی‌گراد و تحت شرایط تاریکی تنظیم گردید. بعد از کامل‌شدن مرحله پنجه‌دوانی (در محیط تاریک)، رطوبت محیط در محدوده ۸۵ تا ۹۰ درصد تنظیم گردید. همچنین جهت تشکیل اندام میوه‌ای از سه لامپ مهتابی با توان ۴۰ وات به فاصله ۱/۲ متر از هم و در ارتفاع ۱/۵ متر بالاتر از سطح کیسه‌های قارچ قرار داشت. به این‌صورت که ۱۲ ساعت روشنایی در روز و ۱۲ ساعت روشنایی در شب تأمین گردید.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت (درصد وزن خشک)

Table 1. Physical and chemical properties of culture substrates (percent of dry weight)

Substrates / Characteristics	ASH (%)	LI (%)	HC (%)	pH	EC (ds/m)	C (%)	N (%)	C/N
SD	9.12	31.00	18.17	5.50	1.98	40.00	0.55	72.72
WS	10.00	18.00	27.00	6.90	1.45	39.00	0.61	63.93
SB	5.50	19.13	16.12	6.10	1.66	39.00	0.59	66.10
RS	13.00	13.00	25.82	5.90	1.78	46.00	0.96	47.91
OW	4.00	15.12	18.23	5.82	1.93	38.00	0.87	43.67
SD+WS	9.21	28.60	16.11	6.11	1.02	47.11	0.91	51.76
SD+SB	9.67	29.20	15.29	5.81	1.21	45.51	0.88	51.71
SD+RS	10.21	32.15	17.08	5.45	1.43	51.72	0.86	60.13
SD+OW	9.78	27.21	14.77	6.77	1.80	40.22	0.77	52.23
WS+SB	10.02	19.78	31.88	6.34	1.87	39.11	0.58	67.43
WS+RS	9.12	18.11	29.77	5.88	1.23	42.52	0.66	64.42
WS+OW	8.19	19.55	31.23	5.23	1.36	28.85	0.84	34.34
SB+RS	8.66	21.88	24.23	6.24	1.16	30.51	0.78	39.11
SB+OW	5.72	20.21	21.75	5.78	1.64	31.72	0.88	36.04
RS+OW	6.43	19.66	20.33	6.76	2.02	29.45	1.10	26.77

SD: خاک‌اره، WS: کلش گندم، SB: باگاس نیشکر، WO: ضایعات صنایع روغن‌کشی زیتون، SD+WS: خاک‌اره با کلش گندم، SD+SB: خاک‌اره با باگاس نیشکر، SD+RS: خاک‌اره با کلش برنج، SD+WO: خاک‌اره با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون، WS+SB: کلش گندم با باگاس نیشکر، WS+RS:کلش گندم با کلش برنج، WS+WO: کلش گندم با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون، SB+RS: باگاس نیشکر با کلش برنج، SB+WO: باگاس نیشکر با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون، RS+WO: کلش برنج با ضایعات روغن‌گیری زیتون.

N: نیتروژن، C: کربن، EC: هدایت الکتریکی، S: سلولز، HC: همی‌سلولز، LI: لیگنین، D.:ASH: خاکستر.

N: nitrogen, C: carbon, EC: electrical conductivity, pH, C: cellulose, HC: hemicellulose, LI: lignin, ASH: ash.

SD: Sawdust, WS: Wheat Straw, SB: Sugarcane Bagasse, WO: Olive-oil industry Wastes, SD+WS: Sawdust with Wheat Straw, SD+SB: Sawdust with Sugarcane Bagasse, SD+RS: Sawdust with Rice Straw, SD+WO: Sawdust with Olive-oil industry Wastes, WS+SB: Wheat straw with Sugarcane Bagasse, WS+RS: Wheat Straw with Rice Straw, WS+WO: Wheat Straw with Olive-oil industry Wastes, SB+RS: Sugarcane Bagasse with Rice Straw, SB+WO: Sugarcane Bagasse with Olive-oil industry Wastes, RS+WO: Rice Straw with Olive-oil industry Wastes.

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی بسترهای کشت

جهت تعیین درصد خاکستر بستر کشت از روش (Hejazi *et al*., 2007) استفاده شد. همچنین هدایت الکتریکی با دستگاه EC متر و اندازه‌گیری pH با دستگاه pH متر (Kadriri *et al*., 2007) و همچنین مقادیر سلولز، همی‌سلولز و لیگنین با روش Van (Soest *et al*., 1991; Van Soest, 1994) و نیز مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل تعیین شد (Manzi *et al*., 1999; Hejazi *et al*., 2007).

صفات اندازه‌گیری‌شده

عناصر معدنی اندام بارده قارچ صدفی

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر معدنی، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و آسیاب گردید پس از تهیه خاکستر با روش هضم توسط اسیدکلریدریک (به‌مدت پنج ساعت) عصاره تهیه شد (Emami, 1996). اندازه‌گیری نیتروژن کل با دستگاه کجلدال دیجیتال و فسفر با اسپکتروفتومتر (Jenway ساخت کشور انگلستان) در طول موج ۴۷۰ نانومتر تعیین شد. همچنین جهت تعیین پتاسیم از دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway) استفاده شد. برای تعیین مقادیر کلسیم، منیزیم، روی و مس از دستگاه جذب اتمی (مدل GBC-Avantap ساخت کشور استرالیا) استفاده شد.

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

رطوبت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فیبر خام، چربی و پروتیین

رطوبت اندام میوه‌ای با استفاده از آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تعیین شد (Mostofi & Najafi, 2005; Hejazi *et al*., 2007). مقادیر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، از طریق خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل PG Instruments ItdT80 + UV/VIS) تعیین گردید (Miliauskas *et al*., 2004). همچنین فیبر خام اندام باردهی با روش Lee *et al*. (1992) محاسبه شد. چربی خام نمونه‌ها با روش Twisselman و با استفاده از حلال دی‌اتیل‌اتر اندازه‌گیری شد (AOAC, 1980). برای تعیین میزان پروتیین از ضریب تبدیل ۴/۳۸ استفاده شد (Ralph & Kurzman, 1997; Shashirekha*et al*., 2002; Bonatti *et al*., 2004).

اسیدهای آمینه

جهت تعیین مقادیر اسیدهای آمینه لیزین، تریپتوفان و لوسین، ۳ میلی‌گرم از اندام میوه‌ای قارچ صدفی فریزشده با اسیدکلریدریک ۶ مولار در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ ساعت هیدرولیز شد. بعد از هیدرولیز، اسید موجود با استفاده از دستگاه تبخیرکننده روتاری حذف گردید. نمونه در ۲ میلی‌لیتر محلول بافر سدیم‌سیترات با pH، ۲/۲ به‌صورت سوسپانسیون قرار داده شد. همچنین ۷/۵ میلی‌مولار فتال‌آلدیید به نمونه درون محلول بافر اضافه گردید. با استفاده از دستگاه HPLC (ساخت شرکت آمریکایی واترز)[1] و با توجه به منحنی استاندارد اسید آمینه و زمان بازداری نمونه مقادیر اسید آمینه‌ها تعیین شد. فاز متحرک دستگاه، سدیم‌استات ۰/۱ مولار با pH، ۷/۲ و متانول بود (Vázquez-Ortiz *et al*., 1995).

قندهای محلول

به‌منظور اندازه‌گیری و جداسازی قند از دستگاه HPLC با ستون (250×46mm, DP=3um) $CarbohydrateC_{18}$ استفاده شد. به این منظور بعد از آماده‌سازی نمونه، محلول نمونه‌ها از صافی‌های نایلونی ۰/۴۵um عبور داده شد. آن‌گاه ۲۰ میکرولیتر از نمونه‌های صاف‌شده به دستگاه HPLC تزریق گردید. در این روش از حلال استونیتریل/آب (۲۵/۷۵) و سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه به‌عنوان فاز متحرک استفاده گردید. حجم تزریق ۲۰ میکرولیتر و عمل جداسازی در دمای اتاق و با استفاده از آشکارساز[2] انجام شد. به این منظور استاندارد قندهای گلوکز، ساکارز و مانیتول با غلظت‌های مختلف تهیه شدند و سپس به دستگاه تزریق گردید و زمان بازداری هر کدام مشخص شد. سپس با توجه به سطح زیر اوج منحنی به‌دست‌آمده برای هر قند و غلظت‌های تزریق‌شده آن‌ها، منحنی

1. WATERS
2. RI (Refractive Index)

www.SID.ir

Archive of SID

درجه‌بندی مربوط به هر قند در نرم‌افزار اکسل رسم گردید (Augustin *et al*., 1998).

ویتامین‌ها

برای تعیین مقادیر تیامین (B_1) وریبوفلاوین (B_2) از روش هاج (Hagg, 1994) استفاده شد. در این روش مراحل استخراج و آماده‌کردن عصاره برای هر دو ویتامین یکسان بود؛ درصورتی‌که مراحل جداسازی در HPLC به‌صورت جداگانه صورت گرفت. بعد از مرحله هیدرولیز، تیامین به تیوکروم اکسید شد. تیوکروم و ریبوفلاوین به‌طور جداگانه توسط دستگاه آنالیز گردید. همچنین جهت بررسی مقادیر اسیدفولیک (B_9) از روش Phillips *et al*. (2005, 2006) استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقادیر اورگسترول (D_2) از روش Mattila *et al*. (1992 و 1994) استفاده شد. به این منظور ۱۰ گرم از اندام میوه‌ای قارچ با نفت و دی‌اتیل‌اتر ترکیب و صابونی شد. بعد از عمل تبخیر، با ۲ میلی‌لیتر هگزان رقیق گردید. عصاره آماده‌شده جهت اندازه‌گیری مقادیر اورگسترول به دستگاه HPLC تزریق گردید.

صفات مورفولوژیکی و عملکرد

پنجه‌دوانی (رشد رویشی)، تشکیل اندام گره‌ای، میوه‌ای و وزن اندام میوه‌ای

زمان لازم جهت کامل‌شدن مرحله پنجه‌دوانی هیف قارچ و تشکیل اندام گره‌ای و بارده قارچ محاسبه گردید. جهت بررسی رشد رویشی یا همان پنجه‌دوانی یا اسپان ران میسلیوم قارچ از واحد روز استفاده شد. به این صورت که از شروع آزمایش تا کامل‌شدن رشد رویشی که به‌طور تقریبی سفیدشدن بالای ۷۰ درصد بستر کشت در نظر گرفته می‌شود، با تعداد روز از ابتدای آزمایش محاسبه و ثبت گردید. وزن اندام بارده در سه چین با استفاده از ترازوی دیجیتالی ثبت گردید. بازده بیولوژیکی بر اساس درصد وزن اندام بارده به‌ازای وزن بسترکشت محاسبه گردید (Mohammadi Goltapeh & Pourjam, 1994).

تجزیه داده‌ها

داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن طبقه‌بندی شدند.

نتایج

محتوای عناصر معدنی اندام بارده قارچ صدفی

با توجه به جدول ۲، بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی اثرات معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مقادیر عناصر معدنی اندام میوه‌ای قارچ صدفی داشتند. همان‌طوری‌که جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) میزان نیتروژن اندام بارده قارچ در بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاکاره به‌ترتیب ۸/۹۱ و ۲/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بود. همچنین نیتروژن اندام بارده قارچ تحت تأثیر مکمل‌های شیمیایی نیترات‌آمونیوم و سولفات‌مس به‌ترتیب ۸/۴ و ۴/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک، ثبت شد. مقادیر فسفر اندام بارده قارچ صدفی در بستر ترکیبی کلش گندم با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاکاره به‌ترتیب برابر با ۷۱۰/۶۰ و ۳۲۵/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بود. همچنین تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد از نظر میزان فسفر اندام میوه‌ای بین مکمل‌های نیترات‌آمونیوم و باکتری ریزوبیوم وجود نداشت و هر دو به یک کلاس آماری تعلق داشتند.

داده‌های حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۳) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین بسترهای کشت ترکیبی کلش گندم با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و کلش برنج با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون از لحاظ پتاسیم وجود نداشت و هر دو در یک گروه آماری قرار داشتند. مقدار کلسیم اندام بارده قارچ صدفی در بستر کشت ترکیبی کلش برنج با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاکاره به‌ترتیب ۱۱۲/۵۰ و ۶۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بود. همچنین مقادیر منیزیم اندام بارده حاصل از تیمار مکمل شیمیایی نیترات‌منیزیم ۱۹۵/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بود. مقادیر مربوط به عنصر روی نشان داد که قارچ‌های حاصل از مکمل نیترات‌آمونیوم و سولفات‌مس به‌ترتیب ۵/۷۶ و ۲/۸۵ میلی‌گرم در ۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

گرم وزن خشک را داشتند. همچنین تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد از این نظر بین نیترات‌آمونیوم و ریزوبیوم وجود نداشت.

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اندام باردهی قارچ صدفی

داده‌های حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول‌های ۴ و ۵) نشان داد که رطوبت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فیبر، چربی، پروتیین، اسیدهای آمینه (لیزین، تریپتوفان، لوسین)، قندها (گلوکز، ساکارز، مانیتول) و ویتامین‌ها (تیامین، ریبوفلاوین، فولیک‌اسید، اورگسترول) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر بسترهای کشت و مکمل‌های شیمیایی و زیستی قرار گرفتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) میزان رطوبت قارچ‌های چین اول در بسترهای کشت ترکیبی کلش گندم با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و خاکاره با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون به‌ترتیب ۹۴/۵ و ۸۸/۵ درصد بود. همچنین مقادیر رطوبت قارچ‌های چین سوم در بستر ترکیبی کلش گندم با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون، ۹۰/۸ درصد و در بستر باگاس نیشکر و کلش گندم، ۸۵/۴ درصد ثبت گردید. مقادیر فیبر خام اندام باردهی قارچ نشان داد که ۴۲/۰۸ و ۳۲/۰۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک رتیب در بسترهای کشت ترکیبی کلش گندم با ضایعات روغن‌گیری زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاکاره ثبت شد. همچنین با توجه به جدول ۶، میزان چربی خام اندام باردهی ۴/۵ و ۱/۸۵ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک به‌ترتیب به مکمل‌های شیمیایی نیترات‌آمونیوم و سولفات‌مس اختصاص داشت و تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین نیترات‌آمونیوم و ریزوبیوم از این نظر وجود نداشت.

نتایج مربوط به پروتیین کل نشان داد که مقادیر ۲۱/۰۲ و ۱۰/۰۷ درصد به‌ترتیب به مکمل‌های نیترات‌آمونیوم و سولفات‌مس اختصاص داشت هر چند تفاوت معنی‌داری بین ریزوبیوم و نیترات‌آمونیوم از این نظر وجود نداشت. همچنین مقادیر مربوط به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ ۱۳/۸۵ و ۸/۰۹ درصد به‌ترتیب به بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون، غنی‌شده با نیترات‌آمونیوم و بستر کشت خاکاره غنی‌شده با سولفات‌مس مربوط بوده است (جدول ۱۰). نتایج مربوط به اسیدهای آمینه نشان داد که مقادیر ۱۱/۵۰ و ۷/۱۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک لیزین به‌ترتیب به بسترهای کشت ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون و بستر کشت غیرترکیبی باگاس نیشکر اختصاص داشت. همچنین مقادیر مربوط به اسید آمینه تریپتوفان نشان داد که ۴/۰۲ و ۹/۹۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک به‌ترتیب به قارچ‌های حاصل از بستر کشت ترکیبی خاکاره و باگاس نیشکر و بستر کشت ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون مربوط بود. همچنین مقادیر لوسین اندام بارده قارچ صدفی تحت تیمار نیترات‌آمونیوم و سولفات‌مس به‌ترتیب ۱۶/۳و ۸/۳ میلی‌گرم در گرم ماده خشک بود (جدول ۶). نتایج جدول ۷ نشان داد که مقدار گلوکز اندام باردهی مربوط به بستر کشت غیرترکیبی خاکاره ۹/۰۹ میلی‌گرم در گرم ماده خشک بود. همچنین تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد بین بسترهای کشت ترکیبی کلش گندم با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و کلش برنج با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون از این نظر وجود نداشت. مقدار ساکارز قارچ حاصل از بستر ترکیبی کلش برنج با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاکاره به‌ترتیب ۱۱/۸ و ۰/۰۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک ثبت گردید و همچنین در قارچ‌های حاصل از مکمل زیستی ریزوبیوم ۱۱/۴۷ میلی‌گرم در گرم ماده خشک و در قارچ‌های حاصل از سولفات‌مس ۶/۸ میلی‌گرم درگرم ماده خشک بود (جدول ۷). از نظر میزان قند مانیتول، قارچ‌های حاصل از بستر کشت ترکیبی کلش برنج با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون، ۱۶/۲۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک مانیتول داشتند. همان‌طوری که داده‌های جدول ۷ نشان داد میزان تیامین قارچ‌های حاصل از مکمل نیترات‌آمونیوم، ۳/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک بود. همچنین مقدار ریبوفلاوین اندام بارده قارچ صدفی در بستر کشت ترکیبی باگاس نیشکر با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاکاره به‌ترتیب ۴/۹ و ۱/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک بود. نتایج مربوط به اسید فولیک نشان داد که قارچ‌های حاصل از بستر کشت ترکیبی کلش گندم با تفاله زیتون، ۶۷۵/۹۰

www.SID.ir

Archive of SID

میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک اسیدفولیک داشتند (جدول۷). همچنین مقدار اورگسترول قارچ‌های حاصل از بستر کشت ترکیبی کلش برنج با تفاله زیتون ۴۰۹/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) گزارش گردید.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی بر محتوای عناصر معدنی (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) اندام باردهی قارچ صدفی

Table 3. Analysis of variance for the effects of substrates and nutritional supplements on content of mineral elements (mg/100g D.W) of ostreatus mushroom fruit body

Sources of variation	df	Mean squares						
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
Treatments		3.05ns	14.9^{ns}	126.3*	12.04**	10.15**	5.3*	0.002^{ns}
Substrates	14	5.95**	325.11**	654.52**	856.32**	135.2**	14.58**	1.21**
Supplements	3	4.08**	295.8**	852.3**	1123.01**	165.30**	42.32**	2.01**
Substrates × Supplements	52	20.11^{ns}	368.5^{ns}	356.32^{ns}	523^{ns}	1562 ^{ns}	13.25^{ns}	1.02^{ns}
Experimental error	140	1.06	46.92	93.28	38.08	3.05	0.05	0.008
CV (%)		16.72	1.08	1.02	6.51	1.02	22.34	5.02

ns، *، **: بدون تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد.

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های اثرات بستر کشت و مکمل غذایی بر محتوای عناصر معدنی اندام باردهی قارچ صدفی

Table 2. Means compariosions for the effects of substrates and nutritional supplements on content of mineral elements of ostreatus mushroom fruit body

Characteristics	Treatments	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
Substrates	SD	2.6e	325.8g	785.6e	62e	142.4d	1.4e	0.45ef
	WS	5.6c	578.6e	921.7c	88d	155.5cd	2.52d	1.85b
	SB	3.8de	356.8g	810.4de	85d	145.5d	1.85e	0.90e
	RS	5.31c	670.3b	800de	87d	158.3cd	2.22de	1.22c
	WO	6.6b	625.5c	910c	95.6b	154.5cd	3.45c	1.45c
	SD+WS	6.6b	615.8cd	980.7b	90c	165.6c	2.75d	2.02b
	SD+SB	5.8c	608.8d	995.4b	92.2c	154.6cd	2.15de	2.03b
	SD+RS	6.3b	672.8b	855.32d	88.6d	163.3c	2.85d	1.82b
	SD+WO	5.6c	689.4b	848.6d	95.6b	169.8c	3.54c	1.45c
	WS+SB	5.6c	698.8b	958.6b	92.8c	185.8b	3.82c	1.88b
	WS+RS	7.2a	706.4a	967.4b	99.22b	187.2b	4.35b	2.35a
	WS+WO	8.91a	710.6a	1100.7a	110a	191.6a	5.82a	1.05d
	SB+RS	6.5b	625.2c	925.6c	88d	163.5c	3.58c	2.85a
	SB+WO	6.6b	678.5b	965.8b	95.68b	179.8bc	4.82b	1.85b
	RS+WO	7.3a	700.4a	1098.2a	112.5a	160.5d	5. 2ab	2.45a
Supplements	Copper sulphate	4.3d	670.31b	899.8c	95.2bc	188.9b	2.85d	2.82a
	Ammonium nitrate	8.4a	705.2a	1100.5a	110.56a	189.5ab	5.76a	1.08d
	Magnesium nitrate	6.4b	623.5c	967.8b	96.68b	195.8a	4.9b	1.90b
	Rhizobiom	7.3a	700.47a	1035ab	109.15a	185.3b	5.5a	2.56a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال۵ درصد بدون تفاوت معنی‌دار هستند. توضیحات مخفف‌ها مطابق جدول ۱.

Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level. Abbreviations are according to table 1.

جدول ۴. تجزیه واریانس اثرات بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی بر رطوبت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فیبر، چربی و پروتیین اندام میوه‌ای قارچ صدفی

Table 4. Analysis of variance for the effects of substrates and nutritional supplements on moisture, antioxidant capacity, fiber, fat and protein of ostreatus mushroom fruit body

Sources of variation	df	Mean squares						
		Moisture			Antioxidant	Total	Total	Total
		Flush 1	Flush 2	Flush 3	capacity	fiber	fat	protein
Treatments	2	32.5^{ns}	25.8^{ns}	53.5*	87.9^{ns}	581.2^{ns}	213.50^{ns}	152.2ns
Substrates	14	782.2**	156.9**	5638.3**	286.3**	124.2**	65.30**	102.93**
Supplements	3	152.9**	245.9**	856.34**	156.8**	524.6**	523.80**	199.72**
Substrates × Supplements	52	799.35^{ns}	2031.5^{ns}	4023.85^{ns}	3427.9**	5461.2^{ns}	30245.70^{ns}	17613.3ns
Experimental error	140	62.86	87.4	99.3	1.2	0.94	0.15	1.48
CV (%)		8.7	10.46	11.38	10.37	2.63	13.54	7.71

، *، **: بدون تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد.

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. تجزیه واریانس اثرات بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی بر برخی از اسیدهای آمینه، قندها و ویتامین‌های اندام میوه‌ای قارچ صدفی

Table 5. Analysis of variance for the effects of substrates and nutritional supplements on some of amino acids, sugars and vitamins of ostreatus mushroom fruit body

Sources of variation	df	Mean squares									
		Amino acids			Sugars			Vitamins			
		Lysine	Tryptophan	Leucine	Glucose	Sucrose	Mannitol	Thiamine	Riboflavin	Folic acid	Orgstrol
Treatments	2	104.20^{ns}	152.1^{ns}	63.5^{ns}	512^{ns}	104.5^{ns}	481^{ns}	32.2^{ns}	15.8^{ns}	42.8^{ns}	258.20^{ns}
Substrates	14	52.3**	62.3**	56.9**	65.3**	41.52**	415.23**	18.5*	42.5*	21.7**	134.70**
Supplements	3	85.6**	52.9**	47.3**	132.65**	74.5**	235.6**	36.2*	62.8*	42.9**	174.20**
Substrates × Supplements	52	4021.3^{ns}	30.25^{ns}	2031.6^{ns}	6352.31^{ns}	2852.5^{ns}	8364.2^{ns}	325.8^{ns}	2451.8^{ns}	8531.7^{ns}	13421.90^{ns}
Experimental error	140	0.52	0.64	1.23	0.6	0.54	1.02	0.61	0.07	0.08	8.6
CV (%)		7.49	10.84	9.19	7.03	12.54	8.92	32.14	9.83	1.73	0.83

ns، *، **: بدون تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد.

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های اثرات بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی بر مقادیر رطوبت، فیبر، چربی، پروتیین و اسیدهای آمینه اندام باردهی قارچ صدفی

Table 6. Comparison of means for the effects of substrates and nutritional supplements on moisture, fiber, fat, Protein and amino acids of ostreatus mushroom fruit body

Characteristics \ Treatments		Moisture (%)			Total fiber	Total fat	Total protein (%)	Lysine	Tryptophan	Leucine
		Flush 1	Flush 2	Flush 3	(mg/100g D.M)	(g/100g D.M)		(mg/g D.M)		
Substrates	SD	89.5^{c}	87.2^{c}	86.03^{bc}	32.05^{d}	0.32f	10.95c	8.2^{c}	4.45^{d}	8.25^{d}
	WS	93.3^{a}	91.5^{a}	89.5^{ab}	35.50^{c}	2.5c	18.83a	10.5^{ab}	8.82^{ab}	13.5^{b}
	SB	90.2^{b}	89.3^{b}	87.5^{b}	33.20^{d}	0.8e	15.76b	7.1^{d}	4.22^{d}	6.2^{e}
	RS	92.22^{ab}	90.4^{ab}	89.5^{ab}	35.12^{c}	2.61c	14.45b	9.8^{b}	6.02^{c}	12.22^{bc}
	WO	90.15^{b}	89.5^{b}	87.5^{b}	37.54^{bc}	2.9c	14.02b	9.4^{b}	7.23^{b}	14.8^{b}
	SD+WS	92.5^{ab}	90.5^{ab}	88.5^{b}	35.05^{c}	2.6c	15.76b	9.6^{b}	8.52^{ab}	12.22^{bc}
	SD+SB	90.18^{b}	88.5^{bc}	86.6^{bc}	33.85^{d}	1.8d	16.64b	7.2^{d}	4.02^{d}	10.18^{c}
	SD+RS	89.12^{c}	86.03^{c}	85.7^{c}	32.45^{d}	2.1c	10.07c	8.1^{c}	4.82^{d}	9.12^{d}
	SD+WO	88.5^{c}	86.2^{c}	85.7^{c}	35.21^{c}	2.2c	14.89b	9.2^{b}	6.4^{c}	10.5^{c}
	WS+SB	90.2^{b}	89.5^{b}	87.5^{b}	36.5^{bc}	2.2c	15.76b	10.1^{ab}	8.88^{ab}	11.82^{bc}
	WS+RS	90.6^{b}	89.3^{b}	87.5^{b}	38.9^{b}	3.8b	18.39a	10.5^{ab}	8.35^{ab}	13.15^{b}
	WS+WO	93.5^{a}	92.2^{ab}	90.5^{a}	42.08^{a}	4.5a	17.95a	11.5^{a}	9.92^{a}	16.5^{a}
	SB+RS	90.2^{b}	88.9^{bc}	85.4^{c}	37.14^{bc}	3.6b	18.83a	9.4^{b}	8.05^{ab}	12.5^{bc}
	SB+WO	90.1^{b}	88.8^{bc}	86.03^{bc}	38.54^{b}	3.9b	17.95a	10.5^{ab}	8.82^{ab}	13.8^{b}
	RS+WO	94.5^{a}	91.8^{ab}	90.8^{a}	41.5^{a}	4.2a	14.89b	11.2^{a}	9.82^{a}	15.89^{a}
Supplements	Copper sulphate	90.9^{b}	86.3^{c}	85.6^{c}	33.03^{d}	1.85d	10.07c	8.3^{c}	6.08^{c}	8.3^{d}
	Ammonium nitrate	88.5^{c}	87.3^{c}	85.2^{c}	42.57^{a}	4.5a	21.02a	11.6^{a}	9.82^{a}	16.3^{a}
	Magnesium nitrate	92.5^{ab}	89.5^{b}	87.5^{b}	38.05^{b}	3.94b	14.02b	9.5^{b}	7.9^{b}	10.5^{c}
	Rhizobiom	94.5^{a}	95.2^{a}	90.8^{a}	42.15^{a}	4.2a	19.27a	11.4^{a}	8.22^{ab}	13.5^{b}

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال۵درصد بدون تفاوت معنی‌دار هستند. توضیح مخفف‌ها مطابق جدول ۱.

Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level. Abbreviations are according to table 1.

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های اثرات بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی بر مقادیر قندها و ویتامین‌های اندام باردهی قارچ صدفی

Table 7. Comparison of means for the effects of substrates and nutritional supplements on sugars and vitamins of ostreatus mushroom fruit body

Characteristics \ Treatments		Sugars (mg/g D.M)			Vitamins (mg/100g D.M)			
		Glucose	Sucrose	Mannitol	Thiamine	Riboflavin	Folic acid	Orgstrol
Substrates	SD	9.09d	0.02f	8.05d	0.6e	1.4e	425.8f	300.45d
	WS	10.5c	1.6de	9.53cd	2.2c	1.5e	435.95ef	328.5c
	SB	9.25d	0.9e	8.20d	0.99e	1.8de	443.05ef	309.90d
	RS	10.09c	1.08de	10.22c	2.1c	1.6de	468.18ef	317.33cd
	WO	11.2bc	2.9d	10.65c	2.2c	2.1d	498.95e	346.65b
	SD+WS	10.5c	2.8d	9.23cd	1.6d	2.6cd	498.05e	328.5c
	SD+SB	9.2d	1.2de	8.6d	1.6d	1.8de	438.35ef	317.35cd
	SD+RS	10.02c	2.6d	9.13cd	1.4d	2.1d	552.95d	324.82c
	SD+WO	11.8bc	5.3c	9.25cd	2.6b	2.2d	585.13c	342.25b
	WS+SB	10.2c	4.3c	10.52c	2.8b	2.3d	541.28d	359.55b
	WS+RS	12.5b	9.8b	14.13b	2.7b	2.8cd	610.9b	385.25ab
	WS+WO	13.28a	11.2a	16.15a	3.8a	3.1c	675.9a	400.2a
	SB+RS	10.5c	7.8bc	12.22bc	2.7b	2.6cd	580.98c	328.05c
	SB+WO	12.03b	9.2b	14.25b	3.3a	4.9a	620.45b	382.85ab
	RS+WO	12.85a	11.8a	16.20a	3.4a	3.8b	660.85a	409.5a
Supplements	Copper sulphate	9.23d	6.8c	8.13d	2.1c	1.8de	546.18d	316.05cd
	Ammonium nitrate	13.32a	11.6a	16.32a	3.8a	4.8a	669.75a	402.82a
	Magnesium nitrate	11.8bc	9.04b	10.18c	2.8b	3.8b	589.98c	365.25b
	Rhizobiom	12.87a	11.47a	14.22b	3.6a	4.2ab	600.35b	400.22a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال۵درصد بدون تفاوت معنی‌دار هستند. توضیح مخفف‌ها مطابق جدول ۱.

Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level. Abbreviations are according to table 1.

www.SID.ir

Archive of SID

صفات رشدی و عملکرد قارچ صدفی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول)۸، بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی اثرات معنی‌داری بر زمان کامل‌شدن پنجه‌دوانی، تشکیل اندام گره‌ای، تشکیل اندام باره‌ای، عملکرد و بازده بیولوژیکی داشتند. زمان لازم جهت کامل‌شدن پنجه‌دوانی میسلیوم قارچ صدفی در بسترهای کشت ترکیبی کلش گندم با ضایعات زیتون و بستر کشت غیرترکیبی باگاس نیشکر به‌ترتیب ۱۶/۲ و ۲۱/۶ روز طول کشید. همچنین زمان لازم جهت تشکیل اندام‌های گره‌ای (پین‌هدها) در بستر کشت غیرترکیبی خاک‌اره و بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون به‌ترتیب ۳۵/۹ و ۳۲/۵ روز بود و نیز با توجه به نوع مکمل، تشکیل اندام گره‌ای مربوط به تیمار سولفات‌مس و نیترات‌آمونیوم به‌ترتیب ۳۵/۵ و ۳۲/۵ روز طول کشید (جدول ۹).

پیش‌رس‌ترین قارچ‌های برداشت‌شده مربوط به بستر کشت ترکیبی کلش گندم با کلش برنج بود که ۳۵ روز طول کشید. همچنین دیررس‌ترین (۳۹/۸ روز) اندام باره قارچ صدفی در روی بستر باگاس نیشکر ظاهر گردید. تشکیل اندام باره‌ای قارچ تحت تأثیر مکمل زیستی ریزوبیوم و مکمل شیمیایی سولفات مس به‌ترتیب ۳۵ و ۳۹/۵ روز طول کشید (جدول ۱۰). همان‌طوری که جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱۰) با اضافه‌کردن مکمل شیمیایی سولفات مس به بسترهای کشت، عملکرد چین اول بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاک‌اره به‌ترتیب ۷۳۰/۴ و ۴۰۹/۵ گرم ثبت گردید. همچنین با اضافه‌کردن مکمل شیمیایی نیترات‌آمونیوم به بسترهای کشت، عملکرد چین اول بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون و بستر کشت غیرترکیبی باگاس نیشکر به‌ترتیب ۷۵۲/۹۵ و ۴۳۲/۸ گرم حاصل شد و همچنین با اضافه‌کردن مکمل شیمیایی نیترات‌منیزیم به بسترهای کشت، عملکرد چین اول از بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون و بستر غیرترکیبی باگاس نیشکر به‌ترتیب ۷۰۸/۸۲ و ۴۱۲/۵ گرم حاصل گردید و نیز با اضافه‌کردن مکمل زیستی ریزوبیوم به بسترهای کشت قارچ صدفی، عملکرد چین اول از بستر کشت ترکیبی کلش گندم با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و بستر کشت غیرترکیبی باگاس نیشکر به‌ترتیب ۷۱۸/۲۵ و ۴۱۲/۵ گرم قارچ حاصل شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها، عملکرد کل (مجموع سه چین) اندام باره‌ای قارچ صدفی بستر کشت ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون غنی‌شده با مکمل شیمیایی نیترات‌آمونیوم و بستر کشت خاک‌اره غنی‌شده با سولفات‌مس به‌ترتیب ۱۸۶۲/۳۵ و ۸۴۰/۹۰ گرم گزارش شد (جدول ۱۰). همچنین با توجه به جدول ۹، بازده بیولوژیکی مربوط به بستر کشت ترکیبی کلش گندم باتفاله زیتون ۳۵ درصد بود.

بحث

عناصر معدنی

بیشترین و کمترین میزان نیتروژن اندام باره‌ای قارچ به‌ترتیب به بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون و بستر کشت غیرترکیبی خاک‌اره اختصاص داشت. با توجه به جدول ۱، به‌نظر می‌رسد که مقادیر به نسبت بالای نیتروژن بستر کشت ضایعات حاصل از صنایع روغن‌گیری زیتون، همچنین تجزیه‌پذیری بهتر بستر کشت کلش گندم (Azizi, 1997)، میسلیوم قارچ مواد غذایی بیشتری از این دو بستر را به اندام باره انتقال داده است. همچنین با عنایت به لیگنین (جدول ۱) بالای خاک‌اره، تجزیه‌پذیری آن در مقایسه با سایر بسترها دشوارتر است. بیشترین و کمترین نیتروژن اندام باره قارچ به‌ترتیب به مکمل‌های شیمیایی نیترات آمونیوم و سولفات مس مربوط است. با توجه به درصد بالای نیتروژن (۳۴ درصد) در نیترات‌آمونیوم، غنی‌سازی بستر کشت قارچ با این مکمل شیمیایی، نسبت کربن به نیتروژن بستر را کاهش داده، لذا تجزیه‌پذیری آن را افزایش می‌دهد. در واقع به‌نظر می‌رسد که اضافه‌کردن مکمل‌های غذایی به بسترهای ترکیبی و غیرترکیبی، هوموسی‌شدن مواد آلی را تا حدودی افزایش می‌دهد، یا به‌عبارت دیگر فرآیند تجزیه‌پذیری و آزادشدن مواد غذایی موجود در بستر کشت، قابل دسترس‌تر برای میسلیوم قارچ می‌شود (Motaghi, 2006). همچنین گزارش‌های مختلفی از

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر متفاوت نیتروژن اندام بارده‌ای قارچ صدفی تحت بسترهای مختلف گزارش شده است، به‌طوری‌که Ancona Mendez *et al.* (2005) نشان دادندکه مقادیر نیتروژن اندام میوه‌ای قارچ صدفی روی بستر کلش ذرت بیشتر از نیتروژن قارچ‌های پرورش‌یافته روی بستر کلش کدو تنبل بود. همچنین مقادیر بالای فسفر و پتاسیم قارچ‌های پرورش‌یافته روی بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون را می‌توان به ترکیب عناصر غذایی موجود در بستر کشت (جدول ۱) نسبت داد. مقادیر فسفر و پتاسیم قارچ‌های حاصل از تیمار نیترات‌آمونیوم را می‌توان به درصد نیتروژن بالای این مکمل ارتباط داد. با افزایش نیتروژن بستر کشت، سرعت رشد رویشی میسلیوم قارچ افزایش می‌یابد و هیف‌های موجود سطح بیشتری از بستر کشت را در بر می‌گیرند. گزارش شده است که گونه اوستراتوس به‌واسطه رشد سریع و قدرت کلنیزاسیون ساپروفیتیکی بالای میسلیوم، از دیگر گونه‌های جنس پلوروتوس متمایز می‌باشد (Mottaghi, 2006). بنابراین پنجه‌دوانی بیشتر، جذب و انتقال عناصر معدنی از بستر کشت به اندام باردهی قارچ را افزایش می‌دهد. همچنین به‌نظر می‌رسد که افزایش دمای بستر کشت در اثر وجود مقادیر بالای نیتروژن، فعالیت میکروبی محیط کشت قارچ صدفی را افزایش داده که به دنبال آن تجزیه مواد لیگنوسلولزی با سرعت بیشتری انجام شده است؛ بنابراین با تجزیه بیشتر بستر کشت، راندمان جذب و انتقال عناصر کلسیم، منیزیم، روی و مس از محیط کشت به اندام بارده قارچ افزایش می‌یابد؛ لذا محتوای عناصر معدنی قارچ‌های حاصل از بستر کشت ترکیبی کلش گندم همراه با ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون و همچنین مکمل شیمیایی نیترات‌آمونیوم در مقایسه با سایر تیمارهای مورد بررسی، بیشتر می‌باشد.

صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی

بیشترین و کمترین درصد رطوبت اندام بارده قارچ‌های چین اول به‌ترتیب به بستر کشت ترکیبی کلش برنج با تفاله زیتون و بستر کشت ترکیبی خاک اره با تفاله زیتون مربوط است. کلش برنج و کلش گندم در مقایسه با خاک اره توانایی بالاتری در جذب و نگهداری آب از خود نشان می‌دهد؛ بنابراین تأمین رطوبت میسلیوم در این نوع از بسترها آسان‌تر است. همچنین کلش گندم و کلش برنج با حفظ رطوبت بیشتر بستر کشت، توانایی بالاتری در مقایسه با خاک‌اره و باگاس نیشکر در تأمین آب مورد نیاز قارچ به‌ویژه در برداشت سوم دارند. با توجه به افزایش نیتروژن محیط بستر کشت غنی‌شده با نیترات‌آمونیوم، بیشترین میزان پروتیین اندام بارده به مکمل شیمیایی نیترات‌آمونیوم اختصاص داشت. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های Azizi (1997) که نشان داد قارچ‌های پرورش‌یافته بر روی بستر کشت باگاس نیشکر پروتیین بیشتری در مقایسه با قارچ‌های پرورش‌یافته روی بستر کشت کلش گندم دارد، همخوانی ندارد. همچنین بیشترین و کمترین مقدار اسیدآمینه لیزین بستر ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون و بستر کشت غیرترکیبی باگاس نیشکر را می‌توان به مقادیر بالای نیتروژن بستر کشت تفاله زیتون در مقایسه با نیتروژن باگاس نیشکر توجیه کرد (جدول ۱). قارچ‌های ساپروفیت با ترشح آنزیم‌هایی (طیف وسیعی از آنزیم‌ها) دیواره سلولی مواد گیاهی را تجزیه می‌کنند. این آنزیم‌ها در خارج از سلول پلیمرهای اطراف را به مونومرها یا مولکول‌های کوچکتر و قابل جذب تبدیل می‌کنند. در واقع با هضم مواد آلی در محیط خارج سلول، ترکیبات موجود را به‌صورت محلول و قابل جذب توسط میسلیوم قارچ در می‌آورند (Motaghi, 2006). بنابراین شرایط محیطی مناسب (رطوبت، نیتروژن بستر کشت) جهت فعالیت این آنزیم‌ها سبب می‌گردد که مواد لیگنوسلولزی بستر کشت قارچ با سرعت بیشتری تجزیه گردیده و مواد غذایی آن در دسترس میسلیوم قارچ قرار گیرد. علاوه بر موارد فوق، در بین بسترهای مورد بررسی کلش گندم سریع‌تر از باگاس نیشکر تجزیه شده و مواد غذایی را در اختیار میسلیوم قارچ قرار می‌دهد (Motaghi, 2006). بنابراین برتری برخی از پارامترهای بیوشیمیایی قارچ‌های پرورش‌یافته روی بستر ترکیبی کلش گندم با ضایعات زیتون و بستر ترکیبی کلش

www.SID.ir

Archive of SID

برنج با ضایعات زیتون را می‌توان به ترکیب غذایی بستر کشت ارتباط داد.

صفات رشدی وعملکرد

با توجه به نسبت کربن به نیتروژن بستر کشت ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون و نیز بستر کشت غیرترکیبی باگاس نیشکر (جدول ۱) کامل‌شدن پنجه‌دوانی میسلیوم در بستر کشت ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون درکمترین زمان و در بستر کشت باگاس نیشکر در بیشترین زمان انجام شد. رشد اولیه میسلیوم، پایه و اساس تشکیل اندام‌های باردهی قارچ است (Mottaghi, 2006). تفاوت در رشد رویشی قارچ صدفی در بین تیمارهای مختلف، به ترکیب شیمیایی سوبسترا و مکمل غذایی افزوده‌شده، قابلیت استفاده از ترکیبات شیمیایی و سطح آزادسازی مواد غذایی سوبسترا و مکمل غذایی و همچنین خصوصیات فیزیکی سوبسترای مورد استفاده مرتبط است (Mandeel *et al*., 2005). همچنین قدرت ساپروفیتی بالای میسلیوم قارچ صدفی سبب تجزیه بهتر همی‌سلولز، سلولز و لیگنین بستر کشت می‌گردد (Motaghi, 2006). باگاس نیشکر دارای ساختمان لیگنوسلولزی است که مقادیر عناصر غذایی (نیتروژن) در آن کم است (جدول ۱)، اما غنی از کربن آلی است و نسبت کربن به نیتروژن بالایی دارد و به همین دلیل باید مواد نیتروژن‌دار به باگاس نیشکر اضافه شود تا به یک نسبت کربن به نیتروژن بهینه برسد (Pilar Berna *et al*., 1996). در واقع بالابودن نسبت کربن به نیتروژن باعث می‌گردد که نیتروژن کافی برای رشد و فعالیت میسلیوم قارچ در دسترس نباشد؛ لذا از گرمای بستر کشت کاسته شده و تجزیه با سرعت کمتری انجام می‌گردد. اضافه‌کردن منابع نیتروژن سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (فعالیت بیشتر هیف قارچ و سایر میکروارگانیسم‌های موجود) و در نتیجه افزایش دما (افزایش فعالیت‌های شیمیایی) و سرعت تجزیه بستر می‌گردد (Richard, 2002). همچنین بررسی‌ها نشان داده‌اند که رشد رویشی (سرعت پنجه‌دوانی) میسلیوم قارچ صدفی در بسترهای کلش گندم و کلش برنج بیشتر از ضایعات پوست دانه پنبه بوده است (Yang *et al*., 2013).

در پژوهشی با غنی‌سازی ترکیبی سطوح مختلفی از نیتروژن (۰، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ درصد)، فسفر (۰/۳ درصد) و پتاسیم (۰/۳ درصد) همراه با بستر کشت (کلش برنج) قارچ صدفی، مشخص گردید که بیشترین سرعت رشد میسلیوم (۰/۷۳ سانتی‌متر در روز)، بیشترین تعداد سرسنجاقی‌ها (۷۳/۶۷)، وزن تک‌میوه (۴/۵۶ گرم) و نیز بیشترین بازده بیولوژیکی (۱۵۶/۳۲ درصد) به بستر کلش برنج غنی‌شده با نیتروژن (۰/۵ درصد)، فسفر (۰/۳ درصد) و پتاسیم (۰/۳) درصد مربوط بود. همچنین کمترین (۳/۱۷ روز) فاصله زمانی بین شروع تشکیل اندام گره‌ای (سرسنجاقی‌ها) تا برداشت اندام میوه‌ای (اندام بارده قارچ)، به تیمار ۰/۴ درصد نیتروژن، ۰/۳ درصد فسفر و پتاسیم اختصاص داشت (Rahman *et al*., 2013). با توجه به تسریع در زمان کامل‌شدن مرحله رشد رویشی در بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون (جدول ۹)، اندام گره‌ای یا ته سنجاقی‌های قارچ صدفی نیز در کمترین زمان در این تیمار ظاهر گردید. همچنین با توجه به نقش عناصر میکرو به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌های تجزیه‌کننده بقایای گیاهی (Curvetto *et al*., 2002; Weil *et al*., 2006)، به‌نظر می‌رسد که غنی‌سازی بسترهای کشت غیرترکیبی و ترکیبی با سولفات‌مس دلیل اصلی افزایش عملکرد محصول در این نوع از بسترها باشد؛ به‌طوری‌که گزارش‌هایی از افزایش فعالیت آنزیمی با اضافه‌کردن عناصر مختلفی از جمله آهن، روی و منگنز در محیط کشت قارچ‌های صدفی گزارش شده است (Stajic *et al*., 2006). از این رو با اضافه‌کردن مکمل شیمیایی نیترات‌آمونیوم به بسترهای کشت، بیشترین و کمترین عملکرد چین اول به‌ترتیب از بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات زیتون و بستر کشت غیرترکیبی باگاس نیشکر حاصل شد که این افزایش عملکرد اندام باردهی قارچ (چین اول) را می‌توان به مقادیر بالای نیتروژن اضافه‌شده به بستر کشت نسبت داد. همچنین در پژوهشی مشخص شد که غنی‌سازی بستر کلش برنج با نیتروژن (اوره)، ارزش تغذیه‌ای، دارویی (بتاگلوکان) و نیز تولید اندام میوه‌ای در قارچ صدفی را افزایش داد (Dias Nunes *et al*., 2012).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸. تجزیه واریانس اثرات بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی بر پنجه‌دوانی، تشکیل اندام های گره‌ای، میوه‌ای، عملکرد و کارایی بیولوژیکی قارچ صدفی

Table 8. Analysis of variance for the effects of substrates and nutritional supplements on spawnrun, pinhead formation, fruit body formation, yield and biological efficiency of ostreatus mushroom fruit body

ources of Variation	df	Mean squares							
		Spawnrun	Pinhead formation	Fruit body formation	Yield			Total yield	Biologicalefficiency
					First-flush	Second-flush	Third-flush		
Treatment	2	85.2^{ns}	41.3^{ns}	152.8^{ns}	12.2^{ns}	54.9^{ns}	24.3^{ns}	31.5^{ns}	55.20^{ns}
Substrates	14	23.5**	43.3**	245.25*	9321.3**	542.3**	856.9**	9542.2**	421.23**
Supplements	3	65.3**	56.8**	61.7*	962.5**	975.3**	562.2**	9854.7**	598.84**
Substrates × Supplements	52	123.8^{ns}	123.5^{ns}	2341.6^{ns}	9652.2**	5321.9**	354721.2**	65231.7**	20158.32^{ns}
Experimental error	140	0.25	1.25	2.06	985.03	897.8	825.18	65.05	389.7
CV (%)		2.79	3.26	3.83	5.60	5.79	14.49	7.27	7.85

ns، *، **: بدون تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار درسطح احتمال ۵ و ۱درصد.

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۹. مقایسه میانگین‌های اثرات بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی برپنجه‌دوانی، تشکیل اندام های گره‌ای، میوه‌ای، عملکرد و کارایی بیولوژیکی قارچ صدفی

Table 9. Comparison of means for the effects of substrates and nutritional supplements on spawnrun, pinhead formation, fruit body formation, yield and biological efficiency of ostreatus mushroom fruit body

Characteristics	Treatment	Spawnrun (day)	Pinhead formation (day)	Fruit body formation (day)	Biologicalefficiency (%)
Substrates	SD	19.5ab	35.9a	39.5a	16.81f
	WS	18.31b	33.5c	35.8c	19.24de
	SB	21.6a	35.2a	39.8a	18.17def
	RS	19.25ab	34.8b	36.5b	18.9.0def
	WO	17.25b	35.4a	39.5a	19.57de
	SD+WS	17.6b	33.6c	38a	25.80bc
	SD+SB	16.8c	34.2b	37a	20.69d
	SD+RS	17.31b	34.2b	36b	21.61cd
	SD+WO	16.4c	35.2a	39.5a	24.43c
	WS+SB	18.6b	33.2c	36.5b	28.42b
	WS+RS	18.2b	33.5c	35c	32.24ab
	WS+WO	16.2c	32.5c	36b	35a
	SB+RS	18.8b	35.8a	39.5a	22.62c
	SB+WO	16.6c	35.6a	39.5a	28.26b
	RS+WO	16.4c	33.2c	35.8c	33.18ab
Supplements	Copper sulphate	21.3a	35.5a	39.5a	21.22cd
	Ammonium nitrate	15.2c	32.5c	35.8c	35.28a
	Magnesium nitrate	18.8b	33.8c	37a	26.08bc
	Rhizobiom	16.4c	34b	35c	29.72b

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال۵درصد بدون تفاوت معنی‌دار هستند. مخففها مطابق جدول ۱.

بیشترین عملکرد کل (مجموع سه چین) اندام بارده قارچ صدفی به بستر کشت ترکیبی کلش گندم و تفاله زیتون غنی‌شده با مکمل شیمیایی نیترات‌آمونیوم اختصاص دارد که با نتایج سایر محققان (Shashirekha *et al*., 2005) که بیان نمودند که غنی‌سازی بستر کشت قارچ صدفی با مکمل‌های غذایی به‌طور گسترده‌ای تولید قارچ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، همخوانی دارد. در واقع افزایش عملکرد کل قارچ صدفی روی بستر ترکیبی (کلش گندم با ضایعات زیتون) غنی‌شده با نیترات‌آمونیوم را می‌توان به درصد بالای نیتروژن موجود در این مکمل شیمیایی و همچنین در بستر کشت (جدول ۱) نسبت داد. نیتروژن عنصری مهم و حیاتی برای رشد قارچ به‌شمار می‌رود. میزان نیتروژن مورد نیاز برای رشد میسلیوم قارچ‌های صدفی بین ۳ تا ۶ درصد گزارش شده است (Obodai & Johnson, 2002). قارچ‌ها از ترکیبات حاوی نیتروژن آلی و معدنی به آسانی استفاده می‌کنند و رشد رویشی میسلیوم قارچ تحت چنین شرایطی افزایش می‌یابد. تسریع در رشد رویشی قارچ صدفی سبب تسریع در ورود به فاز زایشی شده و لذا اندام باردهی سریع‌تر تشکیل می‌گردد. از طرفی غنی‌بودن بستر کشت (جدول۱) سبب افزایش جذب مواد غذایی و انتقال آن به اندام بارده قارچ شده است. بنابراین قارچ‌های تولیدی روی این بسترها و مکمل‌های غذایی، سنگین‌تر از سایر تیمارها می‌باشند. Elhami *et al*. (2008) نشان دادند که مقادیر ۷۵۰ و ۱۰۰ میکروگرم بر گرم (بر اساس وزن خشک بستر کشت) نیتروژن و منگنز اثرات معنی‌داری بر عملکرد قارچ فلوریدا داشت. علاوه بر موارد فوق، با توجه به کاهش عناصر غذایی بستر کشت به‌ویژه در چین‌های

www.SID.ir

Archive of SID

دوم و مخصوصا سوم، غنی‌سازی بستر کشت همراه با مکمل‌های غذایی نقش عمده‌ای در تأمین رشد میسلیوم و تولید اندام باردهای قارچ در انتهای دوره رشد دارد؛ بنابراین مقادیر عملکرد چین سوم قارچ در بسترهای غنی‌شده با نیترات‌آمونیوم کاهش کمتری در مقایسه با بسترهای غنی‌نشده دارد (جدول ۱۰).

در پایان با توجه به عملکرد بالای بستر کشت ترکیبی کلش گندم با تفاله زیتون، این بستر ضمن مطالعات تکمیلی می‌تواند به‌عنوان یک بستر مناسب برای قارچ صدفی معرفی شود، که البته یافته‌های این تحقیق با بررسی‌های محققان دیگر (Girmay *et al.*, 2016) نیز همخوانی داشت.

جدول ۱۰. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل بسترهای کشت و مکمل‌های غذایی بر مقادیر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و عملکرد قارچ صدفی
Table 10. Comparison of means for the effects of substrates and nutritional supplements on antioxidant capacity and yield of ostreatus mushroom fruit body

Characteristics / Treatments		Antioxidant capacity (%)	Yield(g)			Total Yield (g)
			First-flush	Second-flush	Third-flush	
Copper sulphate	SD	8.09^{d}	409.5^{g}	365.6^{t}	65.8^{tg}	840.9^{g}
	WS	9.35^{d}	426.3^{tg}	415.5^{et}	120.5^{det}	962.38^{t}
	SB	8.25^{d}	410.5^{g}	400.02^{et}	98.24^{e}	908.76^{t}
	RS	9.25^{d}	424.3^{tg}	410.5^{et}	110.35^{et}	945.1^{t}
	WO	10.13^{c}	435.6^{tg}	428.25^{e}	115.13^{et}	978.9^{et}
	SD+WS	9.52^{d}	565.53^{c}	539.5^{c}	185.25^{d}	1290.28^{d}
	SD+SB	9.02^{d}	475.22^{e}	438.7^{de}	120.6^{de}	1034.52^{e}
	SD+RS	9.35^{d}	522.12^{de}	452.05^{d}	106.52^{e}	1080.69^{e}
	SD+WO	11.07^{b}	538.25^{d}	485.2^{d}	198.35^{d}	1221.8^{d}
	WS+SB	10.1^{c}	615.22^{b}	584.8^{c}	220.30^{cd}	1420.30^{c}
	WS+RS	11.56^{b}	700.15^{b}	620.21^{bc}	292.15^{c}	1612.5^{b}
	WS+WO	13.24^{a}	730.4^{a}	690.45^{b}	332.98^{b}	1753.83^{ab}
	SB+RS	10.02^{c}	516.15^{de}	480.9^{d}	135.54^{det}	1132.59^{e}
	SB+WO	11.85^{b}	589.18^{c}	565.75^{c}	258.24^{cd}	1413.17^{c}
	RS+WO	12.98^{a}	709.9^{b}	638.98^{bc}	310.29^{b}	1659.17^{b}
Ammonium nitrate	SD	8.35^{d}	436.6fg	405.8^{et}	69.98^{fg}	912.42^{fg}
	WS	10.1^{c}	445.3^{tg}	438.5^{d}	80.6^{t}	964.4^{t}
	SB	8.32^{d}	432.8^{g}	413.02^{et}	85.30^{t}	930.15^{t}
	RS	9.58^{d}	442.13^{tg}	400.5^{et}	84.87^{t}	927.63^{t}
	WO	11.03^{b}	489.5^{e}	458.35^{d}	87.58^{t}	1035.50^{et}
	SD+WS	10.12^{c}	585.12^{c}	541.5^{c}	158.25^{de}	1284.92^{c}
	SD+SB	9.23^{d}	492.28^{e}	438.3^{d}	92.6^{ef}	1023.18^{de}
	SD+RS	9.57^{d}	532.12^{cd}	522.85^{cd}	123.42^{det}	1178.5^{cd}
	SD+WO	11.22^{b}	552.12^{cd}	532.2^{c}	168.42^{de}	1252.74^{b}
	WS+SB	10.8^{c}	632.31^{bc}	556.3^{c}	158.63^{de}	1347.15^{c}
	WS+RS	12.16^{ab}	692.15^{b}	635.21^{bc}	358.59^{ab}	1686.59^{b}
	WS+WO	13.85^{a}	752.95^{a}	733.45^{a}	375.98^{a}	1862.35^{a}
	SB+RS	10.64^{c}	532.10^{d}	520.9^{cd}	120.54^{det}	1173.54^{d}
	SB+WO	12.35^{ab}	602.18^{bc}	585.35^{c}	165.24^{d}	1354.24^{b}
	RS+WO	13.28^{a}	725.33^{ab}	628.98^{bc}	198.98^{d}	1570.98^{b}
Magnesium nitrate	SD	8.15^{d}	422.3^{g}	388.9^{t}	72.14^{fg}	883.23^{fg}
	WS	9.42^{d}	436.6^{tg}	412.8^{et}	85.39^{t}	934.75^{t}
	SB	8.32^{d}	412.5^{g}	393.02^{t}	89.48^{t}	894.36^{t}
	RS	9.34^{d}	448.3^{tg}	420.5^{e}	88.22^{t}	956.15^{t}
	WO	10.42^{c}	448.6^{tg}	428.25^{e}	92.25^{et}	968.12^{de}
	SD+WS	9.84^{d}	602.25^{b}	582.9^{c}	169.32^{d}	1354.47^{b}
	SD+SB	9.22^{d}	472.14^{e}	438.7^{d}	99.4^{e}	1010.35^{de}
	SD+RS	9.63^{d}	532.18^{cd}	512.05^{cd}	149.69^{c}	1194.42^{c}
	SD+WO	11.37^{b}	560.42^{cd}	528.2^{cd}	175.66^{d}	1264.32^{c}
	WS+SB	10.31^{c}	625.31^{bc}	598.8^{c}	168.82^{c}	1393.85^{bc}
	WS+RS	11.82^{b}	697.12^{b}	642.21^{bc}	188.67^{d}	1528.56^{bc}
	WS+WO	13.14^{a}	708.82^{b}	675.95^{b}	217.19^{cd}	1601.84^{b}
	SB+RS	10.22^{c}	528.15^{d}	480.9^{cd}	131.24^{de}	1140.95^{d}
	SB+WO	12.25^{ab}	609.98^{bc}	582.75^{c}	172.32^{d}	1365.71^{b}
	RS+WO	13.05^{a}	632.33^{bc}	598.98^{c}	198.98^{d}	1430.55^{b}
Rhizobiom	SD	8.12^{d}	420.5^{g}	408.5^{et}	75.28^{fg}	903.47^{fg}
	WS	9.52^{d}	444.3^{tg}	425.5^{e}	85.35^{t}	955.15^{t}
	SB	8.32^{d}	462.5^{t}	433.02^{e}	89.47^{t}	984.25^{t}
	RS	9.38^{d}	436.87^{tg}	400.9^{et}	72.36^{fg}	910.22^{fg}
	WO	10.35^{c}	462.8^{t}	428.25^{e}	93.25^{et}	985.85^{et}
	SD+WS	9.85^{d}	572.53^{c}	518.5^{cd}	172.87^{d}	1263.32^{c}
	SD+SB	9.15^{d}	497.34^{e}	439.6^{d}	102.5^{e}	1039.52^{de}
	SD+RS	9.45^{d}	528.22^{cd}	492.35^{d}	148.86^{de}	1169.41^{cd}
	SD+WO	11.21^{b}	588.25^{c}	485.2^{d}	192.87^{cd}	1266.38^{c}
	WS+SB	10.9^{c}	625.22^{bc}	548.9^{c}	188.12^{d}	1363.84^{bc}
	WS+RS	11.64^{b}	695.55^{b}	630.21^{bc}	245.96^{c}	1571.82^{b}
	WS+WO	13.36^{a}	718.25^{b}	699.45^{b}	369.89^{a}	1787.38^{ab}
	SB+RS	10.15^{c}	514.15^{d}	489.3^{d}	129.72^{e}	1133.95^{d}
	SB+WO	12.32^{ab}	589.18^{c}	525.95^{cd}	178.19^{d}	1293.37^{c}
	RS+WO	13.18^{a}	612.63^{bc}	598.98^{c}	208.22^{cd}	1420.87^{bc}

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال۵درصد بدون تفاوت معنی‌دار هستند. مخففها مطابق جدول ۱.
Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level. Abbreviations are according to table 1.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، ترکیب کلش گندم با ضایعات حاصل از صنایع روغن‌گیری زیتون در مقایسه با سایر بسترهای کشت مورد استفاده در این پژوهش، اثرات معنی‌داری بر رشد و نمو قارچ صدفی اوستراتوس داشت؛ همچنین از بین مکمل‌های شیمیایی و زیستی مورد بررسی، نیترات‌آمونیوم مؤثرتر از بقیه بوده است. بنابراین غنی‌سازی بستر کشت ترکیبی کلش گندم و ضایعات صنایع روغن‌گیری زیتون با نیترات‌آمونیوم (۱۵۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بستر کشت)، به عنوان محیط کشت مناسب جهت تولید قارچ صدفی اوستراتوس توصیه می‌گردد.

REFERENCES

1. Ancona Mendez, L., Sandoval Castro, C. A., Casso, R. B. & Capetillo Leal, C. A. (2005). Effect of substrate and harvest on the amino acid profile of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 447-450.
2. Augustin, M. A., Osman, A., Azudin, M. O. & Mohamed, S. A. (1998). Physico-Chemical Changes in Muskmelons (*Cucum ismelo*, L.) during storage. *Pertanika*, 11(2), 203-209.
3. Azizi, U. (1997). *Utilization of Agricultural Wastes for Production of Oyster Mushroom and Livestock Feed*. Agricultural Education Publishing. Karaj. 48 pages. (in Farsi).
4. Bonatti, M., Karnopp, P., Soares, H. M. & Furlan, S. A. (2004). Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotussajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. *Journal Food Chemistry*, 88, 425-428.
5. Curvetto, N. R., Figlas, D., Devalis, R. & Delmastro, S. (2002). Growth and productivity of different *Pleurotusostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with $N\text{-}NH^{+4}$ and/or Mn. *Bioresource Technology*, 84, 171-176.
6. Dias Nunes, M., Rodrigues da Luz, J. M., Albino Paes, S., Oliveira Ribeiro, J. J., de Cássia Soares da Silva, M. & Megumi Kasuya, M. C. (2012). Nitrogen supplementation on the productivity and the chemical composition of oyster mushroom. *Journal of Food Research*, 1(2), 113-119.
7. Elhami, B., Alemzadeh Ansari, N. & Sedighie Dehcordie, F. (2008). Effect of substrate type, different levels of nitrogen and manganese on growth and development of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*, 2 (1), 34-37.
8. Emami, A. (1996). *Plant Decomposition Methods*. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).Soil and Water Research Institute. (in Farsi).
9. Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G. & Zewdie, S. (2016). Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *Applied Microbiology and Biotechnology Express*, 6(1), 87.
10. Hagg, M. (1994). Effect of various commercially available enzymes in the liquid chromatographic determination with external standardization of thiamin and riboflavinin foods. *Journal Association of Official Analytical Chemists*, 77, 681-686.
11. Hejazi, A., Shahrudi, M. & Ardforush, M. (2007). *Index Method of Plant Analiyes*. (7^{th} ed.). (pp.197-234). (in Farsi)
12. Hoa, H., Wang, C. L. & Wang, C. H. (2015). The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oystermushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43(4), 423-434.
13. Jafarpour, M., Poursaeid, N., Jalali Zand, A., Golparvar, A. R. & Behdad, M. (2009). Effect of some of the wastes of agricultural conversion industries and food supplements on some of the specifications of the edible mushroom (*Pleurotus florida*). *Journal of Research in Agricultural Science*, 4(2), 188-203.
14. Jafarpour, M. & Eghbalsaeed, S. (2012). High protein complementation with high fiber substrates for oyster mushroom cultures.*African Journal of Biotechnology*, 11(14), 3284-3289.
15. Kadriri, M., Kehinde, I. A. & Adegboye, O. T. H. (2007). Responses of *Lentinula subnudus* Berk to varying pH and photoperiods. *Advances in Science and Technology*, 2, 150-154.
16. Lee, S. C., Prosky, L. & DeVries, J. W. (1992). Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods; enzymatic gravimetric method, MES-TRIS buffer: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 75, 395-416.
17. Mandeel, Q., Al-Laith, A. & Mohamed, S. A. (2005). Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus spp.*) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21, 601-607.
18. Mapanao, K. M., Abella, E. A., Aquino, D. L. & KalawSofronio, P. (2016).Use of effective microorganisms on enhancing the mycelial growth of *Pleurotus florida* on unsterilized rice straw. *Journal of Biological Engineering Research and Review*, 3(1), 30-36.

www.SID.ir

Archive of SID

19. Mattila, P., Piironen, V., Backman, C., Uusi-Rauva, E. & Koivistoinen, P. (1992). Determination of vitamin D_3 in egg yolk by high-performance liquid chromatography (HPLC) with diode array detection. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 281-290.
20. Mattila, P., Piironen, V., Uusi-Rauva, E. & Koivistoinen, P. (1994) .Vitamin D contents in edible mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2449-2453.
21. Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S., Vivanti, V. & Pizzoferrato, L. (1999). Nutrients in edible mushrooms: An inter-species comparative study. *Food Chemistry*, 65, 477-482.
22. Miliauskas, G., Venskutonis, P. R. & Van Beek, T. A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231-237.
23. Mohammadi Goltapeh, A. & Pourjam, A. (1994). *Principles of Edible Mushroom Cultivation*.Tarbiat Modares University Press. Tehran. 556 pages (in Farsi).
24. Mostofi, Y. & Najafi, F. (2005). *Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture* (Translation). Tehran University Press. 85p. (in Farsi).
25. Mottaghi, H. (2006). *Oyster Mushroom and other Edible Mushrooms*. Technology and Producing. Andisheh Farda Publications. 328p. (in Farsi).
26. Obodai, M. & Johnson, T. (2002). The effect of nutrient supplements on the yield of *Pleurotusostreatus*mushroom grown on composted sawdust of triplochiton scleroxylon. *Tropical Science*, 42, 78-82.
27. Official Methods of Analysis. (1980). *Association of official analytical chemists*. (13th ed.). Washington, DC.
28. Pilar Bernal, M., Navarro, A. F., Roig, A., Cegarra, J. & García, D. (1996). Carbon and nitrogen transformation during composting of sweet sorghum bagasse. *Journal of Biology and Fertility of Soils*, 22, 141-148.
29. Phillips, K. M., Wunderlich, K. M., Exler, J., Holden, J. M., Gebhardt, S. E. & Haytowitz, D. B. (2005). Stability of 5-methyltetrahydrofolate in fresh frozen fruits and vegetables.*Food Chemistry*, 94, 587-595.
30. Phillips, K. M., Ruggio, D. M., Ashraf-Khorassani, M. & Haytowitz, D. B. (2006). Difference in folate content of green and red sweet peppers (*Capsicum annuum*) determined by liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 9998-10002.
31. Rahman, M. H., Ahmed, K. U., Roy, T. S., Mandal, M. S. H. & Alam L. M. R. (2013). Effect of chemical fertilizer supplements with rice straw on the growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *International Journal of Sustainable Agricultural Technology*, 9(2), 47-51.
32. Ralph, H. & Kurzman, Jr. (1997). Nutrition from mushrooms, understanding and reconciling available data. *Mycoscience*, 38, 247-253.
33. Richard, T. (2002). The science and engineering of composting. http//www.cfe.cornell.
34. Salman Naeem, M., Asif Ali, M., Sajid, A., Sardar, H., Liaqat, R. & Shafiq, M. (2014).Growth and yield performance of oyster mushroom on different substrates. *Mycopath*, 12(1), 9-15.
35. Shashirekha, M. N., Rajarathnam, S. & Bano, Z. (2002). Enhancement of bioconversion efficiency and chemistry of the mushroom, *Pleurotus sajor-caju* (Berk and Br.) Sacc. produced on spent rice straw substrate, supplemented with oil seed cakes. *Food Chemistry*, 76, 27-31.
36. Shashirekha, M. N., Rajarathnam, S. & Bano, Z. (2005). Effects of supplementing rice straw growth substrate with cotton seeds on the analytical characteristics of the mushroom, *Pleurotus florida* (Block and Tsao). *Journal Food Chemistry*, 92, 255-259.
37. Shen, Q., Liu, P., Wang, X. & Royse, D. J. (2008). Effects of substrate moisture content, log weight and filter porosity on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology*, 99(17), 8212-8216.
38. Stajić, M., Persky, L., Hadar, Y., Friesem, D., Duletić-Laušević, S., Wasser, P. & Nevo, E. (2006). Effect of copper and manganese ions on activities of laccase and peroxidases in three *Pleurotus* species grown on agricultural wastes. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 128, 87-96.
39. Tajeddin, B. (1994). *The effect of enrichment substrate of Pleurotus sajor-kaju and determination of quantitative and qualitative properties*. Master's Degree in Food Industries, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University. Tehran. 107 pages. (in Farsi).
40. Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Sciences*, 74, 3583-3597.
41. Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant.* 2th Ed. Cornell University Press, Ithac. 488 p.
42. Vázquez-Ortiz, F. A., Caire, G., Higuera-Ciapara, I. & Hernandez, G. (1995) High erformance liquid chromatographic determination of free amino acids in shrimp. *Journal of Liquid Chromatography*, 18, 2059-2068.

www.SID.ir

Archive of SID

43. Vetayasupom, S. (2004). Effective microorganisms for enhancing *pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer production. *Journal of Biological Sciences*, 4(6), 706-710.
44. Vetayasuporn, S., Chutichudet, P. & Cho-Ruk, K. (2006). Bagasse as a possible substrate for *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer cultivation for the local mushroom farms in the northeast of Thailand. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(13), 2512-2515.
45. Weil, D. A., Beelman, R. B. & Beyer, D. M. (2006). Manganese and other micronutrient additions to improve yield of *Agaricus bisporus. BioresourceTechnology*, 97, 1012-1017.
46. Yang, W., Guo, F. & Wan, Z. (2013). Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20, 333-338.

www.SID.ir