Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

The use of agricultural wastes to produce Iranian isolate of *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. and evaluation its performance and some pharmacological properties

Mohammad Akram Esmaeil-Zehi[1], Mahmoud Solouki[2], Behnaz Yousefshahi[3], Dariush Ramezan[*4], Mahdi Pirnia[5], Mohammad Mehdi Zarabi[6]

1. M.Sc. Student, Dept. of Horticulture and Landscape, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. E-mail: maesmaeilzahy@yahoo.com
2. Professor, Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, University of Zabol, Iran. E-mail: msoluki@uoz.ac.ir
3. Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. E-mail: behnazyousefshahi@gmail.com
4. Corresponding Author, Assistant Prof. of Horticulture Science (Physiology and Vegetable Breeding), Dept. of Horticulture and Landscape, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. E-mail: drhorticul@uoz.ac.ir
5. Associate Prof., Dept. of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. E-mail: pirnia@uoz.ac.ir
6. Associate Prof., Dept. of Horticulture Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resourses, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. E-mail: zarrabi@eng.ikiu.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 01.27.2021
Revised: 02.15.2021
Accepted: 02.18.2021

Keywords:
Antioxidant capacity,
Biological efficiency,
Dry matter,
Precocity,
Total polysaccharide

ABSTRACT

Background and Objectives: Selection a suitable substrate and also considering the replacement of other inexpensive agro-wastes instead of valuable wood chips is one of the most important points that should be considered in the cultivation and production of medicinal mushrooms. Selecting the appropriate substrate for fungi and enriching the substrate with organic supplements widely affects the production of fruiting bodies and the medicinal value of fungi. The aim of this study was to replace inexpensive lignocellulosic compounds with wood chips and to select organic supplements to enrich the culture medium of Ganoderma aplanatum.

Materials and Methods: This research was carried out in a cultivation hall equipped with temperature, humidity and light control devices at Zabol University and conducted as a two-way factorial based on a completely randomized design with three replicates. Experimental treatments included 10 types of wood chip base substrates (sawdust): beech tree, oak wood chips, hornbeam wood chips, poplar wood chips, eucalyptus wood chips, tamarisk wood chips, vine sawdust (pruned stems), date palm sawdust, date palm leaf sawdust and sugarcane bagasse. Also, as the second factor, 10% of nitrogenous organic supplements including wheat bran, rice bran, cotton meal and olive pomace were added to each of the main substrates.

Results: The results of this study showed that the highest yield (145.5 gr), total dry matter (36.8 gr), fruit body protein (27.15 mg/100g D.M), ash (4.97%), Nitrogen (4.38 mg/100g D.M) and total polysaccharide (14.35 mg/g D.M) were related to the combined substrate of oak wood chips with wheat bran supplementation. The highest amount of fungal water (85.16%) was related to the substrate of eucalyptus wood chips and the highest biological efficiency (19.71%) was related to the combined substrate of oak wood chips with olive pomace. The highest potassium (299 mg / 100 g dry matter), calcium (11.73 mg / 100 g dry matter) and antioxidant capacity (54.25%) were recorded for oak wood chips substrate. The results also showed that in the oak wood chip substrate the shortest time in terms of

spawn running time (29.40 days), the shortest time for pinhead formation time (43.13 days) and in the hornbeam wood chip substrate the lowest time registered for precocity (70.26 days).

Conclusion: Although the wood chip substrate, especially oak was reported as a suitable substrate for growing *Ganoderma applanatum*, but easy access and lower cost of other agricultural and industrial lignocellulosic wastes make them a suitable alternative. According to the results of this study, the use of combined substrates and organic supplements in the cultivation and production of medicinal fungi, especially *Ganoderma applanatum*, is recommended.

Cite this article: Esmaeil-Zehi, Mohammad Akram, Solouki, Mahmoud, Yousefshahi, Behnaz, Ramezan, Dariush, Pirnia, Mahdi, Zarabi, Mohammad Mehdi. 2022. The use of agricultural wastes to produce Iranian isolate of *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. and evaluation its performance and some pharmacological properties. *Journal of Plant Production Research*, 29 (1), 85-109.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2022.18810.2775
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

استفاده از ضایعات کشاورزی برای تولید جدایه ایرانی قارچ *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. و ارزیابی عملکرد و برخی خصوصیات دارویی آن

محمد اکرم اسماعیل زهی[۱]، محمود سلوکی[۲]، بهناز یوسف‌شاهی[۳]، داریوش رمضان*[۴]، مهدی پیرنیا[۵]، محمد مهدی ضرابی[۶]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: maesmaeilzahy@yahoo.com
۲. استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: msoluki@uoz.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران. رایانامه: behnazyousefshahi@gmail.com
۴. نویسنده مسئول، استادیار علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: drhorticul@uoz.ac.ir
۵. دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: pirnia@uoz.ac.ir
۶. دانشیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: zarrabi@eng.ikiu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۸
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰

واژه‌های کلیدی:
پلی‌ساکارید کل،
پیش‌رسی،
کارایی زیستی،
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی،
ماده خشک

چکیده

سابقه و هدف: انتخاب بستر کشت مناسب و هم‌چنین بررسی جایگزینی سایر ضایعات کشاورزی ارزان‌قیمت به جای تراشه چوب درختان با ارزش یکی از مهم‌ترین نکاتی است که باید در کشت و تولید قارچ‌های دارویی مورد توجه قرار گیرد. انتخاب بستر کشت مناسب قارچ‌ها و غنی‌سازی بستر با مکمل‌های آلی به‌طور گسترده‌ای تولید اندام بارده و ارزش دارویی قارچ‌ها را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. هدف از انجام این پژوهش جایگزینی ترکیبات لیگنوسلولزی ارزان‌قیمت به جای تراشه چوب و انتخاب مناسب‌ترین مکمل‌های آلی جهت غنی‌سازی بستر کشت قارچ گانودرما آپلاناتوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در سالن کشت مجهز به دستگاه‌های کنترل دما، رطوبت و نور در دانشگاه زابل و به صورت فاکتوریل دو عاملی و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱۰ نوع بسترهای کشت پایه تراشه چوب (خاک اره): درخت راش، تراشه چوب درخت بلوط، تراشه چوب درخت ممرز، تراشه چوب درخت صنوبر، تراشه چوب درخت اکالیپتوس، تراشه چوب درختچه گز، تراشه چوب انگور (ساقه‌های هرس شده)، تراشه چوب ساقه درخت خرما، تراشه چوب برگ درخت خرما و باگاس نیشکر بود. هم‌چنین به عنوان عامل دوم به هر کدام از بسترهای اصلی، ۱۰ درصد از ترکیبات آلی نیتروژن‌دار شامل سبوس گندم، سبوس برنج، تفاله پنبه‌دانه و تفاله زیتون اضافه گردید.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد بیش‌ترین عملکرد به میزان (۱۴۵/۵ گرم)، ماده خشک کل (۳۶/۸ گرم)، پروتئین اندام میوه‌ای (۲۷/۱۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک)، خاکستر (۴/۹۷ درصد)، نیتروژن (۴/۳۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) و پلی‌ساکارید کل (۱۴/۳۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب بلوط با سبوس گندم بود. بالاترین میزان آب قارچ (۸۵/۱۶ درصد) مربوط به بستر کشت تراشه چوب اکالیپتوس و بالاترین کارایی زیستی (۱۹/۷۱ درصد) مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب بلوط با تفاله زیتون بود. بیش‌ترین پتاسیم (۲۹۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک)، کلسیم (۱۱/۷۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۵۴/۲۵ درصد) مربوط به بستر کشت تراشه چوب بلوط ثبت شد. هم‌چنین نتایج بیانگر آن بود که در بستر کشت تراشه چوب بلوط کم‌ترین زمان از نظر زمان کامل شدن پنجه‌دوانی (۲۹/۴۰ روز)، کم‌ترین زمان برای پین‌دهی (۴۳/۱۳ روز) و در بستر کشت تراشه چوب درخت ممرز کم‌ترین زمان برای پیش رسی (۷۰/۲۶ روز) ثبت شد.

نتیجه‌گیری: هرچند بستر کشت تراشه چوب به‌خصوص درخت بلوط به عنوان بستر مناسب برای پرورش قارچ گانودرما آپلاناتوم گزارش شد، اما دسترسی آسان و همچنین هزینه پایین‌تر سایر ضایعات لیگنوسلولزی کشاورزی، سبب شده تا به‌عنوان جایگزینی مناسب برای آن معرفی گردد. با توجه به نتایج این پژوهش استفاده از بسترهای ترکیبی و مکمل‌های آلی در کشت و تولید قارچ‌های دارویی به‌خصوص گانودرما آپلاناتوم توصیه می‌گردد.

استناد: اسماعیل زهی، محمد اکرم، سلوکی، محمود، یوسف‌شاهی، بهناز، رمضان، داریوش، پیرنیا، مهدی، ضرابی، محمد مهدی (۱۴۰۱). استفاده از ضایعات کشاورزی برای تولید جدایه ایرانی قارچ *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. و ارزیابی عملکرد و برخی خصوصیات دارویی آن. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۲۹ (۱)، ۱۰۹-۸۵.
DOI: 10.22069/JOPP.2022.18810.2775

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

در حال حاضر، یکی از مهم‌ترین مشکلات اساسی در تولید قارچ‌های خوراکی و دارویی در کشور، عدم بومی‌سازی دانش فنی پرورش با استفاده از فرمولاسیون‌های بومی و با صرفه اقتصادی برای تهیه محیط کشت می‌باشد. غنی‌سازی بستر پرورش و انتخاب محیط کشت مناسب قارچ‌ها به‌طور گسترده‌ای تولید اندام بارده بالغ و ارزش دارویی قارچ‌ها را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱). برای تولید قارچ‌های دارویی دامنه وسیعی از مواد لیگنوسلولزی و بقایای گیاهان مزارع و جنگل‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند. اما انتقال بیش‌تر عناصر غذایی از بستر کشت به اندام بارده قارچ به مقادیر عناصر غذایی موجود در بستر و هم‌چنین قدرت تجزیه‌کنندگی میسلیوم قارچ بستگی دارد (۲). علاوه بر موارد یاد شده، پدیده بحران انرژی توجه پژوهش‌گران را معطوف به بازیافت ضایعات آلی و توجه به مشکلات آب و هوایی و محیطی کرده است. در این میان، قارچ‌ها به‌عنوان مصرف کننده‌های ضایعات مواد آلی باعث برقراری چرخه بازیافت مواد شده و هم‌چنین مشکلات مربوط به آلودگی هوا را که در اثر سوزاندن این ضایعات ایجاد می‌شود را برطرف می‌سازند (۳). گونه‌های گانودرما متعلق به سلسله قارچ‌ها، شاخه Basidimycota، راسته Polyporales، تیره Ganodermataceae و جنس *Ganoderma* است (۴). قارچ‌های این تیره دارای منافذ بسیار ریز زیر کلاهک خود می‌باشند که این منافذ دارای اسپورهای تولیدمثلی هستند. کلاهک چوبی یا چرمی است. آن‌ها در طی زمان چوب را تجزیه می‌کنند و کلاهک را روی سطح چوب تشکیل می‌دهند. گونه‌های گانودرما تحت شرایط گرم و مرطوب رشد می‌کنند. معمولاً در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری یافت می‌شوند (۵). *Ganoderma applanatum* خود به خود بر روی تنه درختان پهن برگ رشد می‌کند و بازیدیوکارپ به صورت نیم‌دایره روی تنه درختان در سراسر جهان به‌خصوص در کشور کره رشد می‌کند جایی که مدت‌هاست از خواص دارویی آن برای درمان انواع بیماری‌های تومورزا در انسان استفاده می‌شود (۶). این قارچ متشکل از انواع متعددی از ترکیبات فعال زیستی از جمله تری‌ترپنوئیدهای تلخ است (۷). قارچ گانودرما به‌دلیل ترکیبات زیستی فعال و هم‌چنین اثرات دارویی آن کاملاً شناخته شده است. این قارچ دارای پلی‌ساکاریدها، تری ترپن‌ها، آمینو اسیدها، اسیدهای چرب و استروئیدهای مختلفی می‌باشد (۸). عصاره‌های آبی و الکلی استخراج شده از قارچ گانودرما لوسیدوم دارای اثرات ضد سرطانی (۹)، تنظیم‌کننده سیستم ایمنی بدن (۱۰)، محافظت از سیستم عصبی (۱۱) و هم‌چنین دارای اثرات ضددیابت (۱۲) می‌باشد. به‌طور عمده تولید صنعتی قارچ گانودرما با استفاده از بسترهای تهیه شده از تراشه چوب و خاک اره می‌باشد (۱۳). ممکن است در بعضی از مناطق دسترسی به تراشه چوب عامل محدودکننده‌ای در تولید قارچ گانودرما باشد بنابراین می‌توان از برخی منابع لیگنوسلولزی هم‌چون ساقه میوه ذرت (۱۴)، علف هرز ناپیر (۱۵)، انواع مختلفی از تراشه چوب (۱۶)، مکمل‌های گوناگونی هم‌چون ضایعات چای (۱۷)، سبوس برنج، سبوس گندم، آرد ذرت، آرد نخود (۱۸)، بذور چاودار، سویای پودر شده، بذور کلزا، پودر گوشت و استخوان (۱۹) برای تولید قارچ گانودرما استفاده کرد. هم‌چنین قارچ گانودرما آپلاناتوم جهت تولید بازیدیوکارپ به بسترهای غنی از سلولز، لیگنین و همی‌سلولز نیازمند است اما برقراری تعادل مناسب بین مقادیر کربن و نیتروژن محیط کشت رشد رویشی و زایشی این قارچ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد به طوری که زمان باردهی و هم‌چنین عملکرد و سایر صفات اندام بارده قارچ تحت‌تأثیر بستر کشت قرار می‌گیرد. هدف از انجام این پژوهش انتخاب بستر کشت مناسب، هم‌چنین

بررسی جایگزینی سایر ترکیبات لیگنوسلولزی ارزان قیمت (باگاس نیشکر و غیره) به جای تراشه چوب با ارزش درختان، انتخاب مناسب‌ترین مکمل‌های آلی (سبوس گندم، سبوس برنج، تفاله پنبه دانه و تفاله زیتون) جهت غنی‌سازی بستر کشت و بررسی عملکرد، ارزش غذایی و دارویی قارچ گانودرما آپلاناتوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سالن کشت با مساحتی به ابعاد ۶ × ۷ متر مجهز به دستگاه‌های کنترل دما، رطوبت و نور در شهر زابل در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ انجام شد. بسترهای کشت مورد استفاده مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- ترکیب اجزای بسترهای کشت قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 1. Composition of components *Ganoderma applanatum* substrates.

کد Code	اجزای بستر کشت Substrate components
S1	تراشه چوب درخت بلوط Oak sawdust
S2	تراشه چوب درخت ممرز Hornbeam sawdust
S3	تراشه چوب درخت راش Beech sawdust
S4	تراشه چوب درخت صنوبر Poplar sawdust
S5	باگاس نیشکر Sugarcane bagasse
S6	ضایعات تراشه چوب ساقه درخت خرما Date palm stem sawdust
S7	ضایعات تراشه چوب برگ درخت خرما Date palm leaves sawdust
S8	تراشه چوب انگور Vine sawdust
S9	تراشه چوب درختچه گز Tamarisk sawdust
S10	تراشه چوب درخت اکالیپتوس Eucalyptus sawdust

هم‌چنین به هر کدام از بسترهای اصلی، ۱۰ درصد (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل به‌طوری که ۱۸۰۰ گرم بستر پایه و ۲۰۰ گرم مکمل مجموع محیط کشت یک تیمار ترکیبی را تشکیل داد) از ترکیبات لیگنوسلولزی آلی شامل سبوس گندم، سبوس برنج، تفاله پنبه‌دانه و تفاله زیتون اضافه شد. هم‌چنین هر کدام از بسترهای اصلی (راش، بلوط، ممرز، صنوبر، اکالیپتوس، گز، انگور، ساقه خرما، برگ خرما و باگاس نیشکر) نیز بدون مکمل (سبوس گندم، سبوس برنج، تفاله پنبه‌دانه و تفاله زیتون) مورد آزمایش قرار گرفت.

برای آماده‌سازی اسپان ابتدا استوک قارچ گانودرما آپلاناتوم از شرکت قارچ آرین تهیه شد. سپس، بذور گندم تا حدی که دانه‌ها فقط نرم شود جوشانده و به آن ۱ درصد آهک (کربنات کلسیم) اضافه شد. پس از استریل کردن، کیسه‌ها در محفظه سربسته (هود) با استفاده از استوک قارچ (کشت خالص قارچ که در محیط آگار–دکتسروز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شده است) در کنار شعله، عمل تلقیح با برداشتن دیسک‌های میسلیومی به قطر ۱ سانتی‌متر انجام شد. پس از حدود سه هفته در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میسلیوم قارچ در قسمت‌های مختلف کیسه‌ها نمایان شده و اسپان برای تلقیح بستر کشت آماده شد (۲۰، ۲۱). ضایعات مختلف لیگنوسلولزی که به عنوان بستر کشت قارچ گانودرما آپلاناتوم مورد استفاه قرار گرفت شامل ساقه خرما که ضایعات ساقه (تنه) درخت خرما که تنه‌های خشک شده درخت خرما می‌باشد از جنوب استان سیستان و بلوچستان تهیه شد. ساقه انگور که ضایعات حاصل از هرس ساقه‌های درخت انگور یاقوتی می‌باشد. با توجه به هرس سالیانه انگور، از مزارع انگور شهرستان زابل فراهم شد. تفاله زیتون که ضایعات حاصل از صنایع روغن‌گیری زیتون می‌باشد از دانشگاه زابل تهیه گردید. برگ خرما که در برگیرنده ضایعات برگ نخل خرما می‌باشد و با توجه به هرس برگ درختان نخل تهیه گردید. هم‌چنین تراشه چوب از باقی‌مانده‌ها یا خرده چوب یا خاک اره‌های درخت صنوبر، راش، بلوط، ممرز، اکالیپتوس و گز در صنایع نجاری استفاده شد. باگاس نیشکر نیز یکی از محصولات فرعی تولید شکر بوده که در مزارع نیشکر به وفور یافت می‌شود. سبوس گندم، سبوس برنج و کنجاله پنبه‌دانه حاصل از صنایع مربوطه و نیز صنایع روغن‌گیری تهیه شد. محیط‌های کشت مورد نظر، در یک مکان استریل قرار گرفت تا رطوبت موجود در آن کاهش یابد (۸ درصد) و ضایعات اضافی موجود در آن‌ها را جدا کرده و سپس به صورت یکنواخت به قطعات همگن تقسیم شد. سپس آن‌ها را شستشو داده عمل شستشو دو بار تکرار شد (۲۲). جهت افزایش میزان رطوبت بستر کشت به‌مدت ۱۰ ساعت ترکیبات لیگنوسلولزی در درون آب قرار گرفتند (۲۳). به‌منظور پاستوریزه کردن محیط کشت از آب جوش به مدت ۲۵ دقیقه استفاده شد (۲۲). پس از خروج آب اضافه، ۲۰۰۰ گرم از مخلوط بستر کشت، در کیسه‌های پلی‌پروپیلنی ریخته شده و درون اتوکلاو به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱ اتمسفر استریل شدند (۲۴، ۲۵). بعد از استریل شدن کامل (دو مرحله‌ای) و پس از سرد شدن بسترها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در زیر هود و در کنار شعله تلقیح بستر کشت به نسبت ۲/۵ درصد (براساس وزن تر بستر کشت) با اسپان قارچ گانودرما آپلاناتوم، انجام شد. از اولین روز کشت تا کامل شدن مرحله رشد رویشی دما در محدوده ۲±۲۷ درجه سانتی‌گراد و تحت شرایط تاریکی تنظیم شد. پس از سفید شدن کامل بسترها با میسلیوم قارچ آپلاناتوم، درب کیسه‌ها به‌طور جزئی باز شده تا مرحله سفید شدن کامل شود در این مرحله رطوبت در محدوده ۸۰ تا ۹۰ درصد تنظیم شد. هم‌چنین به مدت ۶ ساعت بسترها در معرض نور قرار گرفتند. جهت ورود به مرحله زایشی و تشکیل اندام گره‌ای، دما در محدوده ۲±۲۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید و پلاستیک به طور کامل از بستر کشت جدا شد. در این مرحله از رشد قارچ با نصب فن در اتاقک کشت مقادیر دی اکسید کربن به زیر ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام کاهش داده شد. همین‌طور رطوبت نسبی محیط کشت با نصب مه ساز به سطح ۹۰ درصد افزایش یافت. جهت رشد اندام گره‌ای و تشکیل قارچ، از سه لامپ مهتابی با توان ۵۰ وات استفاده شد. لامپ‌ها به‌مدت ۸ ساعت در هر شبانه روز تا انتهای برداشت روشن بودند.

اندازه‌گیری عناصر معدنی: به‌منظور اندازه‌گیری عناصر معدنی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و آسیاب گردیدند.

سپس درصد خاکستر نمونه‌ها در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت شش ساعت در کوره الکتریکی تهیه شد. با روش هضم توسط اسید کلریدریک (به‌مدت پنج ساعت) عصاره آن‌ها تهیه گردید (۲۶). جهت اندازه‌گیری نیتروژن کل از دستگاه کجلدال (مدل V50 از شرکت Gerhardt) و جهت اندازه‌گیری مقادیر پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7 ساخت کمپانی JENWAY انگلستان) استفاده شد. مقادیر کلسیم توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (مدل NovaAA ۴۰۰ از شرکت Analytik Jena ساخت USA) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین درصد رطوبت و ماده خشک اندام میوه‌ای قارچ، از اختلاف بین وزن اولیه و وزن ثانویه با استفاده از آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، ثبت گردید (۲۷، ۲۸).

جهت تعیین پروتئین اندام میوه‌ای از ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین ۶/۲۵ استفاده شد (۲۰، ۲۶). برای تعیین غلظت پلی‌ساکاریدهای موجود از روش فنل–سولفوریک اسید استفاده شد (۲۹). هم‌چنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد تعیین شد و به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه و بیان گردید. ابتدا عصاره‌ها در غلظت‌های متفاوت ۵×۱۰$^{-۲}$ mg/۱۰۰ الی ۵×۱۰$^{-۶}$ در متانول خالص تهیه شد. سپس مخلوطی به نسبت ۱:۱ از محلول (۸ mg/۱۰۰) DPPH و عصاره‌های قارچ با غلظت‌های متفاوت تهیه شد. جذب نمونه‌ها بعد از ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد (۳۰). درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نمونه‌ها با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$R\% = AD - \frac{AS}{AD} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن، R% درصد مهار، AD جذب DPPH در ۵۱۷ نانومتر، AS جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر.

برای مقایسه فعالیت عصاره‌ها از پارامتر IC_{50} استفاده شد (IC_{50} غلظتی از عصاره است که ۵۰ درصد رادیکال‌های آزاد را مهار می‌کند).

تعداد روزهایی که در این مدت میسلیوم قارچ آپلاناتوم سطح بستر کشت را پوشانده، محاسبه شد و بعد از به اتمام رسیدن رشد رویشی، زمان شروع تشکیل سرسنجاقی و هم‌چنین برداشت اولین اندام میوه‌ای یا پیش‌رسی قارچ آپلاناتوم محاسبه شد (۲۰).

عملکرد و کارایی زیستی بازیدیوکارپ: وزن تر (عملکرد) نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. جهت تعیین متوسط وزن میوه قارچ آپلاناتوم نسبت وزن کل اندام میوه‌ای به‌ازای تعداد بازیدیوکارپ محاسبه گردید (۳۱). هم‌چنین کارایی زیستی بر اساس درصد که عبارت است از وزن تر اندام میوه‌ای به ازای وزن تر بستر کشت محاسبه شد (۳۲). برای محاسبه کارایی زیستی از رابطه زیر استفاده شد (۳۳):

$$\text{کارایی زیستی} = \left(\frac{\text{وزن تر اندام میوه ای برداشت شده}}{\text{وزن تر بستر استفاده شده}}\right) \times 100 \quad (۲)$$

تجزیه داده‌ها: این پژوهش به‌صورت طرح فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار که عامل اول بستر کشت (۱۰ نوع سوبسترای مختلف) و عامل دوم (چهار نوع مکمل آلی) انجام گردید. داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد طبقه‌بندی گردیدند.

شکل ۱- تولید قارچ دارویی گانودرما آپلاناتوم در دانشگاه زابل.

Fig. 1. Production of medicinal mushroom *Ganoderma applanatum* at Zabol University.

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۲، بستر کشت و مکمل تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر آماری بر مقادیر وزن تر کل اندام میوه‌ای، ماده خشک، زمان کامل شدن پنجه‌دوانی، زمان شروع تشکیل اندام گره‌ای و زمان پیش رسی قارچ گانودرما آپلاناتوم داشت. و نیز اثرات متقابل بستر کشت و مکمل از نظر آماری تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مقادیر وزن تر کل اندام میوه‌ای و مقدار ماده خشک کل قارچ گانودرما آپلاناتوم داشت.

با توجه به داده‌های حاصل از جدول ۳، بستر کشت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر آماری بر مقادیر پروتئین اندام میوه‌ای، آب، خاکستر، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، پلی‌ساکارید اندام میوه‌ای و کارایی زیستی قارچ گانودرما آپلاناتوم داشت. تأثیر مکمل بر تمامی صفات فوق نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه بستر کشت و مکمل بر مقادیر پروتئین اندام میوه‌ای، آب، خاکستر، نیتروژن، کارایی زیستی قارچ گانودرما آپلاناتوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. هم‌چنین اثرات متقابل دوگانه بستر کشت و مکمل بر مقادیر پلی‌ساکارید کل اندام میوه‌ای در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات بستر کشت و مکمل بر عملکرد اندام میوه‌ای، ماده خشک کل، زمان کامل شدن پنجه‌دوانی، شروع تشکیل اندام گره‌ای و پیش رسی قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 2. Results of analysis of variance effects of substrate and supplement on Fruiting bodies yield, Total dry matter, Spawn Running Times, Pinhead Formation Times and Precocity Times of *Ganoderma applanatum*.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی DF	عملکرد اندام میوه‌ای Fruiting bodies yield (gr)	ماده خشک کل Total Dry Matter (gr)	زمان کامل شدن پنجه‌دوانی Spawn Running Times (day)	زمان شروع پین‌دهی Pinhead Formation Times (day)	زمان پیش‌رسی Precocity Times (day)
بستر کشت Substrate	9	11118.90**	331.98**	144.98**	17.78**	121.00**
مکمل Supplement	4	10481.55**	286.43**	271.87**	144.34**	104.41**
بستر کشت × مکمل Substrate × Supplement	36	156.32**	3.96**	1.81ns	1.62ns	5.54ns
خطا error	100	36.62	1.27	1.83	1.74	4.72
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.00	4.21	4.00	2.91	2.90

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and ** Non-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثرات بستر کشت و مکمل بر پروتئین اندام میوه‌ای، آب، خاکستر، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، پلی‌ساکارید کل و کارایی زیستی قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 3. Results of analysis of variance effects of substrate and supplement on Fruiting bodies protein, Water, Ash, Nitrogen, Potassium, Calcium, Antioxidant capacity, Total polysaccharide and Biological Efficiency of *Ganoderma applanatum*.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی DF	پروتئین اندام میوه‌ای Fruiting bodies protein (mg/100g D.M)	آب Water (%)	خاکستر Ash (%)	نیتروژن Nitrogen (mg/100g D.M)	پتاسیم Potassium (mg/100g D.M)	کلسیم Calcium (mg/100g D.M)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity (%)	پلی‌ساکارید کل Total polysaccharide (mg/g D.M)	کارایی زیستی Biological Efficiency (%)
بستر کشت Substrate	9	6.47**	331.82**	90.04**	2.34**	865.05**	44.82**	128.38**	8.50**	64.82**
مکمل Supplement	4	12.57**	285.80**	798.76**	20.77**	1075.99**	121.53**	672.20**	45.09**	102.43**
بستر کشت × مکمل Substrate × Supplement	36	0.34**	3.97**	7.52**	0.19**	57.42^{ns}	1.54^{ns}	8.48^{ns}	0.57*	3.84**
خطا error	100	0.05	1.28	1.58	0.04	51.07	1.12	9.47	0.34	1.27
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.75	1.55	7.01	7.01	2.54	12.17	6.20	5.01	6.17

^{ns}، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

^{ns}, * and ** Non-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

صفات رویشی و زایشی قارچ گانودرما آپلاناتوم: با توجه به جدول ۴، بیش‌ترین (۳۷/۱۳ روز) و کم‌ترین (۲۹/۴۰ روز) زمان لازم برای کامل شدن مرحله پنجه‌دوانی میسلیوم قارچ گانودرما آپلاناتوم به‌ترتیب به بستر کشت غیر ترکیبی تراشه چوب درخت اکالیپتوس و بستر کشت غیرترکیبی تراشه چوب درخت بلوط اختصاص دارد. با توجه به داده‌های جدول ۴، می‌توان افزایش سرعت پنجه‌دوانی میسلیوم قارچ گانودرما آپلاناتوم را با مقادیر نیتروژن بستر کشت مرتبط دانست. زمان کامل شدن مرحله رشد رویشی قارچ یا پنجه‌دوانی مسیلیوم قارچ با توجه به نوع نژاد و بستر کشت، متفاوت است. رشد میسلیوم قارچ به مقادیر نیتروژن و نیز محتوای عناصر بستر کشت بستگی دارد (۳۴). هم‌چنین رشد رویشی میسلیوم قارچ در بسترهایی که از نیتروژن آلی استفاده شده است (کنجاله سویا و سبوس گندم و غیره) سریع‌تر از بسترهایی است که از نیتروژن غیرآلی (اوره و نیترات آمونیوم) استفاده شده است به‌طوری‌که گزارش شده است بر خلاف منابع نیتروژن آلی، ممکن است که سایر منابع نیتروژنی اثرات متفاوتی بر رشد رویشی میسلیوم قارچ انوکی[1] داشته باشد (۳۵، ۳۶). گزارش شده است که در قارچ شی تاکه[2] با افزایش مقادیر نیتروژن بستر کشت مرحله پنجه‌دوانی سریع‌تر کامل می‌گردد (۳۱). هم‌چنین با توجه به ساختار فیزیکی و شیمیایی تراشه چوب درخت بلوط، میسلیوم‌های قارچ در زمان کم‌تری بر آن چیره شدند. با کاهش نسبت کربن به نیتروژن بستر کشت، مدت‌زمان پنجه‌دوانی کاهش می‌یابد (۳۳). که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در مورد بستر کشت تراشه چوب درخت اکالیپتوس، زمان کامل شدن رشد رویشی میسلیوم قارچ در زمان طولانی‌تری در مقایسه با سایر بسترها انجام شد. تفاوت در رشد رویشی در تیمارهای مختلف، به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سوبسترا، مکمل غذایی افزوده شده، قابلیت استفاده از ترکیبات شیمیایی و آزادسازی سطح مواد غذایی مرتبط است (۳۷، ۳۸). رابطه مثبتی بین نسبت کربن به نیتروژن بستر کشت و رشد میسلیوم قارچ وجود دارد (۳۹). مقادیر بالای نیتروژن بستر کشت سبب کاهش سرعت تجزیه لیگنین می‌گردد و به تبع آن رشد میسلیوم کاهش می‌یابد (۴۰) با افزایش نسبت کربن به نیتروژن بستر کشت (در بسترهای آلی) از سرعت رشد رویشی میسلیوم قارچ کاسته می‌شود. در پژوهشی که از بسترهای مختلف شامل باگاس نیشکر، کلش گندم، ساقه ذرت و خاک اره جهت پرورش قارچ صدفی[3] استفاده شده بود مشخص گردید که با افزایش نسبت کربن به نیتروژن شرایط بهینه برای رشد رویشی میسلیوم قارچ فراهم می‌گردد در صورتی که در بسترهایی که این نسبت کاهش یافته است تشکیل اندام‌های گره‌ای در زمان کم‌تری ایجاد شده است (۴۱). با توجه به زمان کامل شدن مرحله پنجه‌دوانی میسلیوم در بستر کشت غیرترکیبی تراشه چوب درخت اکالیپتوس، شروع تشکیل اندام گره‌ای نیز در مدت زمان طولانی‌تری انجام شده است. هم‌چنین با توجه به کامل شدن مرحله پنجه‌دوانی در کم‌ترین زمان در بستر کشت تراشه چوب درخت بلوط (۲۹/۴۰ روز)، شروع تشکیل اندام گره‌ای نیز در کم‌ترین زمان انجام شد. اولین اندام میوه‌ای (پیش رسی) قارچ گانودرما آپلاناتوم از بستر کشت تراشه چوب درخت بلوط برداشت شد. و هم‌چنین کم‌ترین زمان مربوط به کامل شدن مرحله پنجه‌دوانی در بین مکمل‌های مورد استفاده مربوط به مکمل آلی سبوس گندم بود البته در بین مکمل‌های سبوس گندم و سبوس برنج و تفاله پنبه‌دانه و تفاله زیتون از نظر

1- *Flammulina velutipes*
2- *Lentinula edodes*
3- *Pleurotus ostreatus*

مدت زمان کامل شدن مرحله پنجه‌دوانی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). هم‌چنین از بین بسترهای کشت خاک اره، کلش گندم و کلش برنج که با سبوس گندم غنی شده بودند، بستر ترکیبی خاک اره و سبوس گندم محیط کشت مناسبی از لحاظ سرعت پنجه‌دوانی میسیلیوم و عملکرد برای قارچ یال شیر معرفی گردید (۴۲) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. با توجه به ماهیت اجزای تشکیل‌دهنده بستر کشت به‌نظر می‌رسد که وجود نسبت متعادلی از نیتروژن موجود در بستر کشت، سبب تشکیل زودتر اندام میوه‌ای (پیش‌رسی) در مقایسه با بسترهایی با مقادیر خیلی بالاتر و پایین‌تر نیتروژن، می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با کاهش مقادیر نیتروژن بستر کشت زمان رسیدن طولانی‌تر گردید. به‌طوری که بستر کشت بدون مکمل آلی دارای بیش‌ترین زمان (۴۹/۲۳ روز) برای پیش‌رسی اندام میوه‌ای می‌باشد که با یافته‌های ساکاموتو (۲۰۱۸) همخوانی داشت (۴۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده بستر کشت بر زمان کامل شدن پنجه‌دوانی، زمان تشکیل اندام گره‌ای و زمان پیش‌رسی قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 4. Comparison of the mean effects of substrate on spawn running time, pinhead formation time and precocity times of *Ganoderma applanatum*.

میانگین‌ها Means			
زمان پیش‌رسی Precocity Times (day)	زمان شروع پین‌دهی Pinhead Formation Times (day)	زمان کامل شدن پنجه‌دوانی Spawn Running Times (day)	بستر کشت Substrate
70.46 ^{c}	43.13 ^{d}	29.40 ^{f}	S1
70.26 ^{c}	44.13 ^{c}	30.13 ^{ef}	S2
71.80 ^{c}	44.40 ^{bc}	30.46 ^{e}	S3
74.46 ^{b}	45.20 ^{ab}	31.86 ^{d}	S4
75.93 ^{ab}	45.53 ^{a}	33.40 ^{c}	S5
76.53 ^{a}	46.13 ^{a}	35.26 ^{b}	S6
77.60 ^{a}	46.00 ^{a}	37.00 ^{a}	S7
76.60 ^{a}	46.13 ^{a}	36.60 ^{a}	S8
76.93 ^{a}	46.26 ^{a}	36.60 ^{a}	S9
76.86 ^{a}	46.26 ^{a}	37.13 ^{a}	S10

* مقادیر (میانگین‌ها) با استفاده از آزمون دانکن در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵ ندارند. کدگذاری بسترها در جدول ۱ نمایش داده شده است.

* Values (means) within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test.The coding of substrates is shown in Table 1.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده مکمل بر زمان کامل شدن پنجه‌دوانی، زمان تشکیل اندام گره‌ای و زمان پیش‌رسی قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 5. Comparison of the mean effects of supplements on spawn running time, pinhead formation time and precocity times of *Ganoderma applanatum*.

میانگین‌ها Means			
مکمل Supplements	زمان کامل شدن پنجه‌دوانی Spawn Running Times (day)	زمان شروع پین‌دهی Pinhead Formation Times (day)	زمان پیش‌رسی Precocity Times (day)
M1	32.26 [b]	44.43 [b]	73.80 [bc]
M2	32.36 [b]	44.06 [b]	73.30 [c]
M3	32.60 [b]	44.46 [b]	74.00 [bc]
M4	32.53 [b]	44.40 [b]	74.66 [b]
M5	39.16 [a]	49.23 [a]	77.96 [a]

مقادیر (میانگین‌ها) با استفاده از آزمون دانکن در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵ ندارند. M1: سبوس گندم (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M2: سبوس برنج (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M3: تفاله پنبه‌دانه (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M4: تفاله زیتون (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M5: بدون مکمل (۱۰۰ درصد بستر اصلی)

* Values (means) within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at P≤0.05 according to Duncan's test. M1: Wheat bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M2: Rice bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M3: Cotton meal (90% main substrate plus 10% organic supplement) M4: Olive pomace (90% main substrate plus 10% organic supplement) M5: No supplement (100% main substrate)

صفات فیزیولوژیکی و شیمیایی اندام میوه‌ای قارچ:

بیش‌ترین مقدار درصد آب (۸۵/۱۶ درصد) متعلق به قارچ‌های گانودرما آپلاناتوم تولید شده بر روی بستر کشت تراشه چوب درخت اکالیپتوس می‌باشد (جدول ۸). با توجه به ماهیت این بستر کشت به‌نظر می‌رسد که توان نگهداری بالای آب بستر کشت تراشه چوب درخت اکالیپتوس در مقایسه با سایر بسترها دلیل این امر باشد. میزان جذب آب، توسط بافت قارچ را می‌توان با بافت بستر کشت در ارتباط دانست. بسترهایی که نرم ذره و متوسط بافت باشند قدرت جذب و نگهداری آب بالاتری نسبت به بسترهای سخت ذره و درشت بافت دارند (۴۴). بیش‌ترین ماده خشک کل اندام میوه‌ای (۳۶/۸۰ گرم) در قارچ گانودرما آپلاناتوم مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط با مکمل آلی سبوس گندم می‌باشد (جدول ۸). در بین مکمل‌ها به‌نظر می‌رسد سبوس گندم و سبوس برنج نقش مؤثرتری در بستر کشت دارند. به‌طوری‌که غنی‌سازی بستر کشت ترکیبی تراشه چوب صنوبر با سبوس گندم سبب افزایش مقادیر ماده خشک کل اندام میوه‌ای قارچ گانودرما لوسیدوم[1] شده است (۴۵). با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش اندام‌های میوه‌ای قارچ گانودرما آپلاناتوم بر روی بسترهای کشت تراشه چوب درخت اکالیپتوس که دارای بیش‌ترین درصد آب بودند مقدار ماده خشک کل اندام میوه‌ای آن‌ها از بقیه کم‌تر بود. و بیش‌ترین مقدار ماده خشک کل اندام میوه‌ای مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب بلوط با مکمل سبوس گندم بود که کم‌ترین درصد آب را داشت. با توجه به داده‌های جدول ۹ بیش‌ترین (۱۴/۳۵ میلی‌گرم

1- *Ganoderma lucidum*

در گرم ماده خشک) و کم‌ترین (۸/۷۳ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) مقادیر پلی‌ساکارید کل اندام میوه‌ای قارچ گانودرما آپلاناتوم به ترتیب بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط غنی‌شده با مکمل آلی سبوس گندم و بستر کشت غیر ترکیبی تراشه چوب درختچه گز بدون مکمل آلی مربوط می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که تولید بیش‌تر مقادیر پلی‌ساکارید کل قارچ‌های تولید شده روی بسترهای کشت اشاره شده را می‌توان به وجود ترکیبات نیتروژنه آلی در محیط کشت ارتباط داد. به‌طوری که سبوس گندم و سبوس برنج مکمل‌های آلی مناسبی برای غنی‌سازی تراشه چوب بلوط می‌باشند. با توجه به جدول ۹ و نیز وجود ارزش غذایی بالای سبوس گندم و سبوس برنج بستر کشت مناسبی برای افزایش کمیت و کیفیت قارچ گانودرما آپلاناتوم فراهم می‌گردد. میزان پلی‌ساکاریدهای کل موجود در قارچ‌های دارویی جهت سنجش کیفیت محصول تولید شده مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴۶). بستر کشت به‌طور مستقیم بر کیفیت اندام بارده قارچ تأثیرگذار است (۴۷). بیش‌ترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندام میوه‌ای (۵۴/۲۵ درصد) قارچ گانودرما آپلاناتوم به اندام‌های میوه‌ای تولید شده روی بستر کشت تراشه چوب درخت بلوط مربوط است (جدول ۶). بیش‌ترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندام میوه‌ای را می‌توان به مکمل آلی سبوس گندم مرتبط دانست (جدول ۷). با توجه به ماهیت اجزای تشکیل‌دهنده بستر کشت و مکمل‌های آلی مثل سبوس گندم، ارزش غذایی بستر کشت را افزایش داده است به‌طوری که میسلیوم قارچ، مواد غذایی بیش‌تری را از محیط کشت به اندام میوه‌ای منتقل کرده است. با توجه به جدول ۸ بیش‌ترین پروتئین اندام میوه‌ای (۲۷/۱۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ) مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط با مکمل آلی سبوس گندم می‌باشد. به‌نظر می‌رسد دلیل این امر را می توان به مقادیر بیشتر نیتروژن این بستر مرتبط دانست. و کم‌ترین میزان پروتئین اندام میوه‌ای مربوط به بستر کشت تراشه چوب اکالیپتوس بدون مکمل آلی می‌باشد. محتوای پروتئین قارچ‌ها شدیداً تحت‌تأثیر طبیعت بستر، مقادیر مواد غذایی بستر کشت، نژاد قارچ، مرحله نمو و عمر پس از برداشت آن قرار می‌گیرد (۴۸). در اکثر موارد پروتئین بالای اندام بارده بالغ قارچ رابطه مستقیمی با مقادیر پروتئین بستر کشت دارد (۴۰). بر طبق آزمایش انجام شده اندام میوه‌ای قارچ صدفی پرورش یافته بر بستر کشت غنی شده با سبوس گندم، پروتئین بیش‌تری در مقایسه با قارچ تولید شده روی بسترهای غنی شده با سبوس برنج و ذرت داشت (۴۹). که با نتایج این پژوهش تطابق دارد. با توجه به داده‌های حاصل از جدول ۸ بیش‌ترین درصد خاکستر (۴/۹۷) و کم‌ترین درصد خاکستر (۲/۱۱) اندام میوه‌ای قارچ گانودرما آپلاناتوم به ترتیب مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط با مکمل آلی سبوس گندم و بستر کشت تراشه چوب درخت اکالیپتوس می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان با مقادیر ماده خشک کل اندام میوه‌ای مرتبط دانست که بیش‌ترین مقدار ماده خشک کل قارچ مربوط به بستر کشت بلوط با مکمل سبوس گندم می‌باشد. در جدول ۸ بیش‌ترین مقدار کارایی زیستی (۲۳/۸۹ درصد) قارچ گانودرما آپلاناتوم مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط با مکمل آلی تفاله زیتون می‌باشد. کم‌ترین مقدار کارایی زیستی (۱۳/۱۴ درصد) قارچ گانودرما آپلاناتوم مربوط به بستر کشت تراشه چوب درختچه گز می‌باشد. در آزمایشی از ۷ نوع بستر کشت مختلف که شامل کلش گندم، آرد بذر پنبه (تفاله حاصل از بذر پنبه)، آرد بذر آفتابگردان (تفاله حاصل از روغن‌گیری بذر آفتابگردان)، کلش سویا، کلش

لوبیا، تراشه چوب صنوبر و تراشه چوب بلوط جهت پرورش قارچ گانودرما لوسیدم استفاده شد. مقادیر کارایی زیستی بین ۸/۹ تا ۲۴/۷ درصد متفاوت بود. بیش‌ترین کارایی زیستی مربوط به تراشه چوب صنوبر بود (۵۰). گزارش شده است که در بسترهایی که مقادیر نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن پایین است، کارایی زیستی قارچ شی تاکه کاهش می‌یابد (۵۱). کارایی زیستی قارچ گانودرما لوسیدم پرورش یافته روی تراشه چوب ممرز و صنوبر به ترتیب ۱۲/۸۹ و ۱۸/۶۸ درصد می‌باشد (۱). کارایی زیستی قارچ گانودرما لوسیدم پرورش یافته بر روی تراشه چوب سه گیاه بلوط، راش و صنوبر به ترتیب برابر با ۱۷/۴۸، ۱۵/۹۴ و ۱۵/۰۹ درصد است (۱۶).

عناصر معدنی: ترکیب بستر کشت به‌طور معنی‌داری بر مقادیر عناصر اندام میوه‌ای قارچ تأثیر می‌گذارد (۵۲). در جدول ۹ بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط با سبوس گندم، از نظر مقادیر نیتروژن اندام میوه‌ای قارچ گانودرما آپلاناتوم برتری داشت (۴/۳۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ). و کم‌ترین مقدار هم مربوط به بستر تراشه چوب درخت اکالیپتوس بدون مکمل آلی می‌باشد (۱/۳۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ). با توجه به داده‌های جدول ۹، وجود مکمل‌های آلی با مقادیر نیتروژن بالاتر (سبوس گندم) در مقایسه با سایر بسترهای کشت ترکیبی و غیرترکیبی را می‌توان دلیل افزایش مقادیر نیتروژن اندام میوه‌ای قارچ‌های تولید شده بر روی بسترهای ذکر شده دانست. ترکیب غذایی اندام میوه‌ای قارچ تحت‌تأثیر شرایط پرورش و نوع بستر کشت قرار می‌گیرد (۵۳). در جدول ۶ بیش‌ترین مقدار پتاسیم اندام میوه‌ای (۲۹۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ) و کم‌ترین مقدار پتاسیم (۲۷۳/۸۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ) گانودرما آپلاناتوم به ترتیب مربوط به بستر کشت تراشه درخت بلوط و بستر کشت اکالیپتوس می‌باشد. از بین مکمل‌ها، بیش‌ترین پتاسیم اندام میوه‌ای مربوط به سبوس گندم و کم‌ترین مربوط به تیمار بدون مکمل آلی بود. به‌نظر می‌رسد که با توجه به وجود مقادیر بالایی از عنصر پتاسیم در تراشه چوب بلوط، باگاس نیشکر، تراشه چوب نخل خرما، اندام میوه‌ای تولید شده روی این بسترها نیز از مقادیر پتاسیم بالایی برخوردار باشند (جدول ۶). در جدول ۶ بیش‌ترین مقدار کلسیم اندام میوه‌ای (۱۱/۷۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ) و کم‌ترین (۶/۸۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ) گانودرما آپلاناتوم به ترتیب مربوط به بستر کشت تراشه درخت بلوط و بستر کشت تراشه چوب درخت اکالیپتوس می‌باشد. از بین مکمل‌ها، بیش‌ترین کلسیم اندام میوه‌ای مربوط به سبوس گندم و کم‌ترین مربوط به تیمار بدون مکمل آلی بود (جدول ۷). وجود مکمل‌های آلی سبوس گندم، سبوس برنج در بسترهای کشت سبب افزایش مقادیر کلسیم اندام میوه‌ای قارچ گانودرما آپلاناتوم شده است که غنی‌بودن بستر کشت از دلایل اصلی انتقال مواد غذایی از محیط کشت به بازیدیوکارپ قارچ می‌باشد. در پژوهشی که از بسترهای مختلف شامل باگاس نیشکر، کلش گندم، ساقه ذرت و تراشه چوب جهت پرورش قارچ صدفی استفاده شده بود، مشخص گردید که بیش‌ترین (۳۴۵/۰۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قارچ) مقدار کلسیم اندام میوه‌ای قارچ صدفی مربوط به بستر کشت باگاس نیشکر بود (۴۱).

عملکرد کل و اجزای آن: بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط با سبوس گندم بیش‌ترین عملکرد اندام میوه‌ای (۱۴۵/۵۰ گرم به ازای دو کیلوگرم بستر کشت بر اساس وزن تر) قارچ گانودرما آپلاناتوم را ثبت کرد (جدول ۸). وجود مکمل آلی (سبوس گندم)

در بستر کشت پایه تراشه چوب درخت بلوط سبب غنی شدن بستر کشت شده و رشد رویشی و زایشی میسلیوم قارچ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. غنی بودن بستر کشت سبب انتقال بیش‌تر مواد غذایی از محیط کشت به اندام میوه‌ای قارچ می‌شود. یکی از روش‌های مهم در بهبود عملکرد اندام بارده بالغ قارچ‌های دارویی، استفاده از مکمل‌های غذایی مختلف بر پایه نیتروژن، مانند دانه ارزن، نخود، چاودار و ذرت در بستر کشت قارچ‌های دارویی می‌باشد (۳، ۵۴). در بین بسترهای کشت خاک اره، کلش گندم و کلش برنج که با سبوس گندم غنی‌شده بود، بستر ترکیبی خاک اره و سبوس گندم محیط کشت مناسبی از لحاظ زمان پنجه‌دوانی و عملکرد برای قارچ یال شیر معرفی گردید (۴۲). در آزمایشی از ۷ نوع بستر کشت مختلف که شامل کلش گندم، آرد بذر پنبه (تفاله حاصل از بذر پنبه)، آرد بذر آفتابگردان (تفاله حاصل از روغن‌گیری بذر آفتابگردان)، کلش سویا، کلش لوبیا، تراشه چوب صنوبر و تراشه چوب بلوط جهت پرورش قارچ گانودرما لوسیدم استفاده شد. در بین ۷ بستر مختلف میزان عملکرد کل قارچ از ۲۸/۶ تا ۸۶/۱ گرم قارچ تازه به‌ازای یک کیلوگرم بستر کشت (وزن تر) متفاوت بود. بیش‌ترین عملکرد کل به بستر کشت تراشه چوب بلوط اختصاص داشت. عملکرد کل قارچ‌های تولید شده بر روی بستر تراشه بلوط ۶۶/۸ درصد بیش‌تر از بستر کشت آرد پنبه‌دانه بود (۵۰). که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. در پژوهش دیگری نتایج نشان داد بیش‌ترین (۲۱۵/۹۲ گرم به‌ازای یک کیلوگرم بستر کشت بر اساس وزن تر) عملکرد اندام میوه‌ای قارچ هریسیوم آمریکایی از بستر کشت ترکیب خاک اره بلوط با تفاله پنبه‌دانه (۸:۲) به‌دست آمد (۳۹).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده بستر کشت بر پتاسیم، کلسیم و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 6. Comparison of the mean effects of substrate on potassium, calcium and antioxidant capacity of *Ganoderma applanatum*.

میانگین‌ها Means			
بستر کشت Substrates	پتاسیم Potassium (mg/100g D.M)	کلسیم Calcium (mg/100g D.M)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity (%)
S1	299.00 [a]	11.73 [a]	54.25 [a]
S2	285.40 [b]	10.60 [b]	51.58 [b]
S3	282.73 [bc]	10.38 [b]	51.22 [b]
S4	280.86 [bc]	9.30 [c]	51.15 [b]
S5	293.00 [a]	8.36 [d]	50.30 [bc]
S6	290.00 [a]	8.47 [d]	49.83 [bc]
S7	273.80 [d]	7.29 [e]	49.30 [bc]
S8	277.46 [cd]	6.86 [e]	48.54 [cd]
S9	277.73 [cd]	7.31 [e]	46.72 [d]
S10	273.80 [d]	6.84 [e]	43.56 [e]

[*] مقادیر (میانگین‌ها) با استفاده از آزمون دانکن در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵ ندارند. کدگذاری بسترها در جدول ۱ نمایش داده شده است.

* Values (means) within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test.The coding of substrates is shown in Table 1.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات ساده مکمل بر پتاسیم، کلسیم و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 7. Comparison of the mean effects of supplement on potassium, calcium and antioxidant capacity of *Ganoderma applanatum*.

میانگین‌ها Means			
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity (%)	کلسیم Calcium (mg/100g D.M)	پتاسیم Potassium (mg/100g D.M)	مکمل Supplement
52.62 [a]	10.17 [a]	286.83 [a]	M1
52.47 [a]	9.86 [ab]	282.16 [b]	M2
51.21 [ab]	9.34 [bc]	281.53 [b]	M3
50.62 [b]	9.00 [c]	280.96 [b]	M4
41.31 [c]	5.21 [d]	270.53 [c]	M5

مقادیر (میانگین‌ها) با استفاده از آزمون دانکن در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵ ندارند. M1: سبوس گندم (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M2: سبوس برنج (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M3: تفاله پنبه‌دانه (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M4: تفاله زیتون (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M5: بدون مکمل (۱۰۰ درصد بستر اصلی)

* Values (means) within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at P≤0.05 according to Duncan's test. M1: Wheat bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M2: Rice bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M3: Cotton meal (90% main substrate plus 10% organic supplement) M4: Olive pomace (90% main substrate plus 10% organic supplement) M5: No supplement (100% main substrate)

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل بستر کشت و مکمل بر عملکرد اندام میوه‌ای، ماده خشک کل، پروتئین اندام میوه‌ای، آب، خاکستر و کارایی زیستی قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 8. Comparison of the means substrate and supplement interactions substrate on fruiting bodies yield, total dry matter, fruiting bodies protein, water, ash and biological efficiency of *Ganoderma applanatum*.

میانگین‌ها Means							
کارایی زیستی Biological efficiency (%)	خاکستر Ash (%)	آب Water (%)	پروتئین اندام میوه‌ای Fruiting bodies protein (mg/100g D.M)	ماده خشک کل Total Dry Matter (gr)	عملکرد اندام میوه‌ای Fruiting bodies yield (gr)	مکمل Supplement	بستر کشت Substrate
19.71 [d–i]	4.97 [a]	63.10 [x]	27.15 [a]	36.80 [a]	145.50 [a]	M1	S1
19.93 [c–i]	4.82 [ab]	63.80 [x]	26.57 [a]	36.06 [a]	144.33 [a]	M2	
21.04 [b–e]	4.26 [d–f]	66.93 [tuv]	26.47 [a]	32.93 [c–f]	138.96 [a–c]	M3	
23.83 [a]	3.94 [e–h]	71.56 [n–p]	25.37 [ab]	28.33 [j–l]	135.50 [a–d]	M4	
17.48 [j–o]	2.59 [m–r]	75.10 [g–k]	9.85 [l]	24.80 [o–s]	87.10 [ij]	M5	
20.19 [b–h]	4.95 [a]	64.80 [wx]	26.49 [a]	35.10 [ab]	142.20 [ab]	M1	S2
20.70 [b–g]	4.56 [a–d]	66.56 [u–w]	24.98 [ab]	33.26 [b–d]	138.40 [a–d]	M2	
21.18 [b–e]	4.39 [b–e]	67.56 [s–v]	21.28 [de]	32.33 [c–g]	137.33 [a–d]	M3	
21.76 [b–d]	4.23 [d–f]	70.20 [p–r]	19.22 [e–g]	29.73 [h–j]	129.70 [c–f]	M4	
16.95 [l–q]	2.64 [m–q]	75.23 [g–j]	9.69 [l]	24.63 [p–s]	83.66 [jk]	M5	

ادامه جدول ۸-

Continue Table 8.

بستر کشت Substrate	مکمل Supplement	میانگین‌ها Means					
		عملکرد اندام میوه‌ای Fruiting bodies yield (gr)	ماده خشک کل Total Dry Matter (gr)	پروتئین اندام میوه‌ای Fruiting bodies protein (mg/100g D.M)	آب Water (%)	خاکستر Ash (%)	کارایی زیستی Biological efficiency (%)
S3	M1	141.26 $^{a-c}$	33.93 ^{bc}	25.21 ^{ab}	65.96 ^{vw}	4.82 ^{ab}	20.76 $^{b-f}$
	M2	136.73 $^{a-d}$	33.03 $^{c-e}$	20.00 ^{ef}	66.86 $^{t-v}$	4.73 $^{a-c}$	20.65 $^{b-g}$
	M3	136.73 $^{a-d}$	31.36 $^{d-i}$	21.08 ^{de}	68.53 $^{q-u}$	4.33 $^{c-f}$	21.72 $^{b-d}$
	M4	137.36 $^{a-d}$	30.96 $^{e-i}$	17.73 $^{f-k}$	68.93 $^{q-t}$	4.21 ^{def}	22.11 $^{a-c}$
	M5	83.53 ^{jk}	28.46 $^{j-l}$	9.23 ^{l}	71.46 $^{n-p}$	2.65 $^{m-q}$	14.65 $^{s-v}$
S4	M1	130.86 $^{b-e}$	33.86 ^{bc}	22.32 ^{cd}	66.03 ^{vw}	4.74 $^{a-c}$	19.27 $^{e-k}$
	M2	130.86 $^{b-e}$	31.66 $^{d-h}$	18.12 $^{f-k}$	68.23 $^{r-u}$	4.36 $^{c-f}$	20.59 $^{b-g}$
	M3	132.50 $^{b-d}$	30.76 $^{g-i}$	18.60 $^{f-i}$	69.16 $^{q-s}$	3.91 $^{f-h}$	21.50 $^{b-e}$
	M4	126.80 $^{d-g}$	28.50 $^{j-l}$	16.74 $^{h-k}$	71.36 ^{n}–p	3.56 $^{h-j}$	22.15 $^{a-c}$
	M5	80.13 $^{j-l}$	24.23 $^{p-s}$	9.30 ^{l}	75.66 $^{g-j}$	2.61 $^{m-r}$	16.47 $^{m-s}$
S5	M1	119.66 $^{e-g}$	31.93 $^{c-g}$	23.76 ^{bc}	67.96 $^{s-v}$	4.23 $^{d-f}$	18.68 $^{f-l}$
	M2	121.10 $^{e-g}$	30.86 $^{f-i}$	22.73 ^{cd}	69.06 $^{q-s}$	4.35 $^{c-f}$	19.57 $^{d-j}$
	M3	120.03 $^{e-g}$	29.43 $^{i-k}$	23.56 ^{bc}	70.46 $^{o-q}$	4.36 $^{c-f}$	20.32 $^{b-h}$
	M4	116.40 ^{g}	26.13 $^{m-p}$	18.60 $^{f-i}$	73.76 $^{j-m}$	3.76 $^{h-g}$	22.24 ^{ab}
	M5	69.76 $^{l-n}$	23.56 $^{r-t}$	9.15 ^{l}	76.33 $^{f-h}$	2.51 $^{n-s}$	14.84 $^{q-v}$
S6	M1	119.06 ^{fg}	29.30 $^{i-k}$	19.63 ^{ef}	70.63 $^{o-q}$	3.71 $^{h-g}$	20.25 $^{b-h}$
	M2	119.23 ^{fg}	29.40 $^{i-k}$	18.33 $^{f-j}$	70.53 $^{o-q}$	4.30 $^{c-f}$	20.21 $^{b-h}$
	M3	116.86 ^{g}	27.50 $^{k-n}$	19.01 $^{e-h}$	72.40 $^{l-o}$	4.31 $^{c-f}$	21.17 $^{b-e}$
	M4	101.70 ^{h}	25.80 $^{n-q}$	18.35 $^{f-j}$	74.10 $^{i-l}$	4.15 $^{d-g}$	19.63 $^{d-i}$
	M5	75.13 $^{k-m}$	24.90 $^{o-s}$	9.13 ^{l}	75.00 $^{g-k}$	2.74 $^{m-p}$	15.00 $^{q-v}$
S7	M1	104.86 ^{h}	28.13 $^{j-m}$	19.63 ^{ef}	71.80 $^{m-p}$	4.23 $^{d-f}$	18.59 $^{f-m}$
	M2	101.96 ^{h}	27.43 $^{k-n}$	16.84 $^{g-k}$	72.46 $^{l-o}$	4.20 $^{d-f}$	18.52 $^{g-m}$
	M3	96.56 ^{hi}	26.90 $^{l-o}$	16.12 ^{jk}	73.00 $^{k-n}$	3.74 $^{h-g}$	17.87 $^{i-n}$
	M3	84.30 ^{jk}	24.10 $^{p-s}$	15.70 ^{k}	75.80 $^{g-j}$	2.91 $^{l-n}$	17.40 $^{k-p}$
	M5	55.43 $^{p-r}$	20.16 ^{vw}	8.94 ^{l}	79.70 ^{cd}	2.35 $^{o-s}$	13.67 ^{uv}
S8	M1	88.13 ^{ij}	25.46 $^{n-r}$	20.04 ^{ef}	74.43 $^{h-l}$	3.21 $^{j-l}$	17.26 $^{k-p}$
	M2	89.33 ^{ij}	24.43 $^{p-s}$	19.40 ^{ef}	75.46 $^{g-j}$	3.43 $^{i-k}$	18.18 $^{h-n}$
	M3	79.56 $^{j-l}$	23.43 $^{r-u}$	19.36 ^{ef}	76.46 $^{e-h}$	3.37 $^{i-k}$	16.90 $^{l-r}$
	M4	67.66 $^{m-o}$	21.76 $^{t-v}$	16.40 $^{i-k}$	78.13 $^{d-f}$	2.88 $^{l-n}$	15.44 $^{o-u}$
	M5	57.53 $^{o-r}$	19.86 ^{vw}	8.74 ^{l}	80.00 ^{cd}	2.27 $^{q-s}$	14.36 $^{s-v}$

ادامه جدول ۸-

Continue Table 8.

بستر کشت Substrate	مکمل Supplement	میانگین‌ها Means: عملکرد اندام میوه‌ای Fruiting bodies yield (gr)	ماده خشک کل Total Dry Matter (gr)	پروتئین اندام میوه‌ای Fruiting bodies protein (mg/100g D.M)	آب Water (%)	خاکستر Ash (%)	کارایی زیستی Biological efficiency (%)
S9	M1	79.06 $^{j-l}$	25.33 $^{o-s}$	19.22 $^{e-g}$	74.56 $^{g-k}$	3.03 $^{k-m}$	15.56 $^{o-u}$
	M2	72.86 $^{k-m}$	23.73 $^{q-t}$	16.74 $^{h-k}$	76.16 $^{f-i}$	2.74 $^{l-o}$	15.29 $^{o-v}$
	M3	75.03 $^{k-m}$	23.16 $^{s-u}$	19.22 $^{e-g}$	76.73 $^{e-g}$	2.86 $^{l-n}$	16.10 $^{n-t}$
	M4	63.93 $^{m-p}$	21.46 ^{uv}	15.70 ^{k}	78.43 ^{de}	2.48 $^{n-s}$	14.72 $^{r-v}$
	M5	48.20 ^{rs}	18.36 ^{wx}	8.68 ^{l}	81.56 ^{bc}	2.28 $^{p-s}$	13.14 ^{v}
S10	M1	64.00 $^{m-p}$	20.80 ^{v}	19.42 ^{ef}	79.10 ^{d}	2.63 $^{m-q}$	15.32 $^{o-v}$
	M2	61.50 $^{n-q}$	20.00 ^{vw}	17.98 $^{f-k}$	79.90 ^{cd}	2.50 $^{n-s}$	15.29 $^{o-v}$
	M3	52.43 $^{q-s}$	17.06 ^{x}	16.49 $^{i-k}$	82.80 ^{b}	2.16 ^{rs}	15.24 $^{o-v}$
	M4	52.10 $^{q-s}$	15.00 ^{y}	16.12 ^{jk}	84.90 ^{a}	2.07 ^{s}	17.34 $^{k-p}$
	M5	42.16 ^{s}	14.70 ^{y}	8.43 ^{l}	85.16 ^{a}	2.11 ^{s}	14.23 $^{t-v}$

* مقادیر (میانگین‌ها) با استفاده از آزمون دانکن در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵ ندارند. کدگذاری بسترها در جدول ۱ نمایش داده شده است. M1: سبوس گندم (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M2: سبوس برنج (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M3: تفاله پنبه‌دانه (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M4: تفاله زیتون (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M5: بدون مکمل (۱۰۰ درصد بستر اصلی).

* Values (means) within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test. The coding of substrates is shown in Table 1. M1: Wheat bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M2: Rice bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M3: Cotton meal (90% main substrate plus 10% organic supplement) M4: Olive pomace (90% main substrate plus 10% organic supplement) M5: No supplement (100% main substrate)

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل بستر کشت و مکمل بر نیتروژن و پلی‌ساکارید کل قارچ گانودرما آپلاناتوم.

Table 9. Comparison of the means substrate and supplement interactions on nitrogen and total polysaccharide of *Ganoderma applanatum*.

بستر کشت Substrate	مکمل Supplement	میانگین‌ها Means: نیتروژن Nitrogen (mg/100g D.M)	پلی‌ساکارید کل Total polysaccharide (mg/g D.M)
S1	M1	4.38 ^{a}	14.35 ^{a}
	M2	4.28 ^{a}	14.00 ^{ab}
	M3	4.27 ^{a}	13.83 $^{a-c}$
	M4	4.09 ^{ab}	13.40 $^{a-e}$
	M5	1.59 ^{l}	9.90 ^{lm}
S2	M1	4.27 ^{a}	13.70 $^{a-c}$
	M2	4.03 ^{ab}	13.57 $^{a-d}$
	M3	3.43 ^{de}	12.90 $^{b-g}$
	M4	3.10 $^{e-g}$	13.53 $^{a-d}$
	M5	1.56 ^{l}	9.53 $^{l-n}$

ادامه جدول ۹-

Continue Table 9.

بستر کشت Substrate	مکمل Supplement	میانگین‌ها Means	
		نیتروژن Nitrogen (mg/100g D.M)	پلی‌ساکارید کل Total polysaccharide (mg/g D.M)
S3	M1	4.06 ^{ab}	13.10 $^{b-f}$
	M2	3.22 ^{ef}	12.80 $^{c-g}$
	M3	3.40 ^{de}	12.90 $^{b-g}$
	M4	2.86 $^{f-k}$	12.93 $^{b-g}$
	M5	1.49 ^{l}	9.46 $^{l-n}$
S4	M1	3.60 ^{cd}	12.86 $^{c-g}$
	M2	2.92 $^{f-k}$	12.16 $^{f-j}$
	M3	3.00 $^{f-i}$	11.83 $^{g-j}$
	M4	2.70 $^{h-k}$	11.90 $^{g-j}$
	M5	1.50 ^{l}	9.56 $^{l-n}$
S5	M1	3.83 ^{bc}	12.46 $^{d-h}$
	M2	3.66 ^{cd}	12.03 $^{f-j}$
	M3	3.80 ^{bc}	11.66 $^{h-j}$
	M4	3.00 $^{f-i}$	11.63 ^{hij}
	M5	1.47 ^{l}	9.66 ^{lmn}
S6	M1	3.16 ^{ef}	12.30 $^{e-i}$
	M2	2.95 $^{f-j}$	12.13 $^{f-j}$
	M3	3.06 $^{e-h}$	11.50 $^{h-j}$
	M4	2.96 $^{f-j}$	11.53 $^{h-j}$
	M5	1.47 ^{l}	10.00 ^{lm}
S7	M1	3.16 ^{ef}	11.56 $^{h-j}$
	M2	2.71 $^{h-k}$	11.53 $^{h-j}$
	M3	2.60 ^{jk}	11.60 $^{h-j}$
	M4	2.53 ^{k}	11.36 $^{h-k}$
	M5	1.44 ^{l}	10.33 ^{kl}
S8	M1	3.23 ^{ef}	11.63 $^{h-j}$
	M2	3.13 ^{ef}	11.56 $^{h-j}$
	M3	3.12 ^{ef}	11.53 $^{h-j}$
	M4	2.64 $^{i-k}$	11.53 $^{h-j}$
	M5	1.41 ^{l}	9.10 ^{mn}

ادامه جدول ۹-

Continue Table 9.

بستر کشت Substrate	مکمل Supplement	میانگین‌ها Means	
		نیتروژن Nitrogen (mg/100g D.M)	پلی‌ساکارید کل Total polysaccharide (mg/g D.M)
S9	M1	3.10 $^{e-g}$	11.60 $^{h-j}$
	M2	2.70 $^{h-k}$	11.30 $^{h-k}$
	M3	3.10 $^{e-g}$	11.33 $^{h-k}$
	M4	2.53^{k}	11.63 $^{h-j}$
	M5	1.40 ^{l}	8.73 ^{n}
S10	M1	3.13 ^{ef}	11.56 $^{h-j}$
	M2	2.90 $^{f-k}$	11.53^{h-j}
	M3	2.66 $^{i-k}$	11.26 $^{i-k}$
	M4	2.60 ^{jk}	11.10^{jk}
	M5	1.36 ^{l}	8.80 ^{n}

* مقادیر (میانگین‌ها) با استفاده از آزمون دانکن در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵ ندارند. کدگذاری بسترها در جدول ۱ نمایش داده شده است. M1: سبوس گندم (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M2: سبوس برنج (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M3: تفاله پنبه‌دانه (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M4: تفاله زیتون (۹۰ درصد بستر اصلی به‌علاوه ۱۰ درصد مکمل آلی) M5: بدون مکمل (۱۰۰ درصد بستر اصلی).

* Values (means) within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test. The coding of substrates is shown in Table 1. M1: Wheat bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M2: Rice bran (90% main substrate plus 10% organic supplement) M3: Cotton meal (90% main substrate plus 10% organic supplement) M4: Olive pomace (90% main substrate plus 10% organic supplement) M5: No supplement (100% main substrate)

نتیجه‌گیری

هرچند تراشه چوب درختان به عنوان بستر مناسب برای پرورش قارچ گانودرما گزارش شده است، اما دسترسی آسان و هزینه پایین‌تر سایر ضایعات لیگنوسلولزی کشاورزی، سبب شده تا به‌عنوان جایگزینی مناسب برای آن معرفی گردد. استفاده از بسترهای مختلف و مکمل‌های آلی سبب بهبود اکثر صفات قارچ گانودرما آپلاناتوم گردید، به‌طوری که بیش‌ترین مقدار نیتروژن اندام میوه‌ای (۴/۳۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک)، وزن تر کل اندام میوه‌ای (۱۴۵/۵۰ گرم) قارچ گانودرما آپلاناتوم به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب درخت بلوط با سبوس گندم اختصاص داشت. بیش‌ترین مقدار پلی‌ساکارید کل (۱۴/۳۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مربوط به بستر کشت ترکیبی تراشه چوب بلوط با سبوس گندم بود. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۵۴/۲۵ درصد)، پتاسیم (۲۹۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) و کلسیم (۱۱/۷۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) قارچ گانودرما آپلاناتوم مربوط به بستر کشت تراشه چوب بلوط بود. بیش‌ترین کارایی زیستی مربوط به تیمار تراشه چوب بلوط با تفاله زیتون بود. بنابراین با توجه

به این نکته که قارچ گانودرما آپلاناتوم جهت دستیابی به رشد بهینه و تولید بیش‌ترین عملکرد نیازمند مقادیر بهینه‌ای از کربن به نیتروژن بستر کشت می‌باشد که یکی از راه‌های اصلاح بستر کشت و کاهش نسبت کربن به نیتروژن استفاده از مکمل‌های آلی بر پایه نیتروژن برای غنی‌سازی بستر کشت می‌باشد.

قدردانی

پژوهش حاضر، با حمایت مالی تحت پژوهانه به شماره UOZ-GR-9718-72 توسط دانشگاه زابل اجرا گردیده است. از دانشگاه زابل به خاطر حمایت مالی جهت انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1.Azizi, M., Tavana, M., Farsi, M. and Oroojalian, F. 2012. Yield performance of Lingzi or Reishi medical mushroom, *Ganoderma lucidum* (W. Cart.:Fr.) P. Karst. (higher Basidiomycetes), using different waste materials as substrates. Int. J. Med. Mushrooms. 14: 5. 521-527.

2.Zied, D.C. and Pardo-Giménez, A. 2017. Edible and medicinal mushrooms. Technol. Applicat. 603p.

3.Staments, P. 2000. Growing gourmet and medicinal mushroom 3rd edition. Olimpia, WA: Ten Speed Press.

4.Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C. and Stalpers, J.A. 2001. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi (No. Ed. 9). CABI publishing.

5.Mayzumi, F., Okamoto, H. and Mizuno, T. 1997. IV. Cultivation of reishi (*Ganoderma lucidum*) cultivation of reddish reishi (*Ganoderma lucidum*, Red). Food Rev. Int. 13: 3. 365-370.

6.Kim, B.K., Chung, H.S., Chung, K.S. and Yang, M.S. 1980. Studies on the antineoplastic components of Korean basidiomycetes. Kor. J. Mycol. 8: 107-113.

7.Nishitoba, T., Goto, S., Sato, H. and Sakamura, S. 1989. Bitter triterpenoids from the fungus *Ganorderma applanatum*. Phytochemistry. 28: 193-197.

8.Wasser, S.P. 2010. Medicinal mushroom science: history, current status, future trends, and unsolved problems. Int. J. Med. Mushrooms. 12: 1. 1-16.

9.Yuen, J.W. and Gohel, M.D. 2005. Anticancer effects of *Ganoderma lucidum*: a review of scientific evidence. Nutr. Cancer. 53: 1. 11-17.

10.Shi, M., Zhang, Z. and Yang, Y. 2013. Antioxidant and immunoregulatory activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharide (GLP). Carbohydr. Polym. 95: 1. 200-206.

11.Gokce, E.C., Kahveci, R., Atanur, O. M., Gürer, B., Aksoy, N., Gokce, A., Sargon, M.F., Cemil, B., Erdogan, B. and Kahveci, O. 2015. Neuroprotective effects of Ganoderma lucidum polysaccharides against traumatic spinal cord injury in rats. Injury. 46: 11. 2146-2155.

12.Ma, H.T., Hsieh, J.F. and Chen, S.T. 2015. Antidi abetic effects of *Ganoderma lucidum*. Phytochemistry. 114: 109-113.

13.Pegler, D.N. 2002. Useful fungi of the world: the Ling-zhi. The mushroom of immortality. Mycologist. 16: 3.100-101.

14.Ueitele, I.S.E., Kadhila-Muandingi, N.P. and Matundu, N. 2014. Evaluating the production of Ganoderma mashroom on corn cobs. Afr. J. Biotechnol. 13: 2215-2219.

15.Rolim, L.N., Sales-Campos, C., Cavalcanti, M.A.Q. and Urben, A.F. 2014. Application of Chinese jun-cao technique for the production of Brazilian *Ganoderma lucidum* strains. Braz. Arch. Biol.Technol. 57: 3. 367-373.

16.Erkel, E.I. 2009. The effect of different substrate mediums on yield of Ganoderma lucidum (Curt.: Fr.) Karst. J. Food Agric. Environ. 77: 3. 841-844.

17.Peksen, A. and Yakupoglu, G. 2009. Tea waste as a supplement for the cultivation of *Ganoderma lucidum*. World J. Microbiol. Biotechnol. 25: 4. 611-618.

18.Gurung, O.K., Budathoki, U. and Parajuli, G. 2012. Effect of different substrates on the production of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) Karst. Our Nat. 10: 1. 191-198.
19.Lisiecka, J., Rogalski, J., Sobieralski, K., Siwulski, M., Sokol, S. and Ohga, S. 2015. Mycelium growth and biological efficiency of *Ganoderma lucidum* on substrate supplemented with different organic additives. J. Fac. Agr Kyushu Univ. 60: 2. 303-308.
20.Mohammadi-Goltapeh, A. and Pourjam, A. 1994. Principles of edible mushroom cultivation. Tarbiat Modares University Press. Tehran. 556p. (In Persian)
21.Mottaghi, H. 2005. Cultivation and production of edible mushrooms Lentinus (Shiitake). Andisheh Farda Publications. 176p. (In Persian)
22.Mottaghi, H. 2006. Oyster Mushroom and other Edible Mushroom, Technology and Producing. Andisheh Farda Publications. 328p. (In Persian)
23.Shen, Q., Liu, P., Wang, X. and Royse, D.J. 2008. Effects of substrate moisture content, log weight and filter porosity on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. Bioresour. Technol. 99: 17. 8212-8216.
24.Quds-Vali, A. 2010. Planting and Cultivating Edible and Medicinal Fungi (Jun-Cao technology). Iranian Agricultural Science Publishing. 217p. (In Persian)
25.Rezaeian, S.H. and Pourianfar, H.R. 2017. Principles and bases of production of medicinal mushrooms in Iran. Publications University of Mashhad. 120p. (In Persian)
26.Emami, A. 1996. Plant decomposition methods. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Soil and Water Research Institute. (In Persian)
27.Hejazi, A., Shahroudi, M. and Ardforosh, M. 2004. Index methods in plant decomposition. University of Tehran Publications. 130p. (In Persian)
28.Mostofi, E. and Najafi, F. 2005. Analytical laboratory methods in horticultural sciences. University of Tehran Publications. 136p. (In Persian)
29.DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 3. 350-356.
30.Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and Van Beek, T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chem. 85: 231-237.
31.Atila, F. 2019. Compositional changes in lignocellulosic content of some agro-wastes during the production cycle of shiitake mushroom. Sci. Hort. 245: 263-268.
32.Royse, D.J. 1985. Effect of spawn run time and substrate nutrition on yield and size of the shiitake mushroom. Mycologia. 77: 5. 756-762.
33.Curvetto, N.R., Figlas, D., Devalis, R. and Delmastro, S. 2002. Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with $N\text{-}NH^{+4}$ and/or Mn. Bioresour. Technol. 84: 171-176.
34.Adenipekun, C.O. and Gbolagade, J.S. 2006. Nutritional requirements of *Pleurotus florida* (Mont.) Singer, a Nigerian mushroom. Pak. J. Nutr. 5: 6. 597-600.
35.Harith, N., Abdullah, N. and Sabaratnam, V. 2014. Cultivation of *Flammulina velutipes* mushroom using various agro-residues as a fruiting substrate. Pesq. Agropec. Bras. 49: 181-188.
36.Hassan, F.R.H., Medany, G.M. and Hussein, S.A. 2010. Cultivation of the king oyster mushroom (*Plerrotus eryngii*) in Egypt. Aust. J. Basic Appl. Sci. 4: 99-105.
37.Mandeel, Q.A., Al-Laith, A.A. and Mohamed, S.A. 2005. Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. World J. Microbiol. Biotechnol. 21: 601-607.
38.Richard, E. 2002. Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge. Harvard Business Press.
39.Atila, F., Tuzel, Y., Fernández, J.A., Faz Cano, A. and Sen, F. 2018. The effect of some agro–industrial wastes on yield,

nutritional characteristics and antioxidant activities of *Hericium erinaceus* isolates. Sci. Hort. 238: 246-254.

40. Khan, M.D.A., Tania, M., Amin, S.M., Alam, N. and Udin, M.N. 2008. An investigation on the nutritional composition of mushroom (*Pleurotus florida*) cultivated on different substrates. Bangladesh J. Mushroom. 2: 17-23.
41. Hoa, H.T., Wang, C. and Wang, C.H. 2015. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). J. Mycol. 43: 4. 423-434.
42. Hassan, F.R.H. 2007. Cultivation of the monkey head mushroom (*Hericium erinaceus*) in Egypt. J. Appl. Sci. Res. 3: 1229-1233.
43. Sakamoto, Y. 2018. Influences of environmental factors on fruiting body induction, development and maturation in mushroom-forming fungi. Fungal Biol. Rev. 32: 4. 236-48.
44. Oei, P. 2003. Mushroom cultivation, appropriate technology for mushroom growers. Leiden: Backhuys Publishers.
45. Stajić, M., Persky, L., Hadar, Y., Friesem, D., Duletić-Laušević, S., Wasser, P. and Nevo, E. 2006. Effect of copper and manganese ions on activities of laccase and peroxidases in three *Pleurotus* species grown on agricultural wastes. Appl. Biochem. Biotechnol. 128: 87-96.
46. Yang, W., Guo, F. and Wan, Z. 2013. Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. Saudi J. Biol. Sci. 20: 333-338.
47. Lin, Q., Long, L., Wu, L., Zhang, F., Wu, S., Zhang, W. and Sun, X. 2017. Evaluation of different agricultural wastes for the production of fruiting bodies and bioactive compounds by medicinal mushroom *Cordyceps militaris*. J. Sci. Food Agric. 97: 3476-3480.
48. Gothwal, R., Gupta, A., Kumar, A., Sharma, S. and Alappat, B.J. 2012. Feasibility of dairy waste water (DWW) and distillery spent wash (DSW) effluents in increasing the yield potential of *Pleurotus flabellatus* (PF1832) and *Pleurotus sajor-caju* (PS 1610) on bagasse. J. Biotechnol. 2: 249-257.
49. Wang, D., Sakoda, A. and Suzuki, M. 2001. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresour. Technol. 78: 293-300.
50. Atila, F. 2018. Comparative study on the mycelial growthl and yield of *Ganoderma lucidum* (Curt: Fr.) Karst. on different lignocellulosic wastes. Sheng Tai Xue Bao. 40: 2. 153-157.
51. Philippoussis, A., Diamantopoulou, P. and Israilides, C. 2007. Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus a *Lentinula edodes*. Int. Biodeterior. Biodegradation. 59: 3. 216-9.
52. Ashraf, J., Ali, M.A., Ahmad, W., Ayyub, C.M. and Shafi, J. 2013. Effect of different substrate supplements on oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) production. Food Sci. Technol. 1: 3. 44-51.
53. Badalyan, S.M. 2003. Edible and medicinal higher Basidiomycetes mushrooms as a source of natural antioxidants. Int. J. Med. Mushrooms. 5: 153-163.
54. Park, Y.J., Know, O.C., Son, E.S., Yoon, D.E., Han, W., Yoo, Y.B. and Lee, C.S. 2012. Taxonomy of *Ganoderma lucidum* from Korea based on rDNA and partial β-tubulin gene sequence analysis. Mycobiol. 40: 71-75.