

Research Article

Agricultural Engineering., 45(4) (2023) 425-441
DOI:10.22055/AGEN.2023.43489.1664

ISSN (P): 2588-526X

ISSN (E): 2588-5944

Supplementary nutrition and using time effects on quantitative, qualitative and biochemical indicators of button mushroom

E. Shabani^{1*}

1. Assistant Professor of Horticulture science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: 15 January 2023

Accepted: 19 March 2023

Abstract

Introduction: The decrease in yield and quality levels of button mushrooms during the cultivation period is one of the important challenges of the mushroom production industry, due to the reduction of substrate nutrients and the accumulation of undesirable compounds. One of the solutions to prevent the decrease in yield and qualitative characteristics of edible mushrooms during different flushes is to enrich compost with nutrient supplements.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of supplementary nutrition at different times on the yield indicators of button mushroom, a factorial experiment based on completely randomized design was conducted. Experimental treatments included four concentrations (C) of supplementary nutrition (0 (C₁), 20 (C₂), 40 (C₃) and 60 (C₄) g/L) (combination of two phases, the liquid phase includes micro and macro elements and amino acids, and the solid phase includes sucrose and dextrin) and two application times (one day after harvesting the first flush (T₁) and the beginning of the second flush and the formation of pin (T₂)).

Results and Discussion: The findings of this research indicated the highest number of button mushroom was observed in C₃T₂ treatment by 215.89, which demonstrated a 20.35% increase compared to C₁T₂ treatment. The lowest single mushroom weight was measured in the first time of foliar spraying in C₁T₁ treatment and the highest single mushroom weight was obtained in the second time of foliar spraying in C₃T₂ and C₂T₂ treatments, respectively. The maximum length of the mushroom base was obtained in C₂T₂ treatment by 1.36 cm. Along with the increase in the concentration of nutritional solutions; the diameter of the cap showed a significant increase at T₁ time, while at T₂ time, this value showed a decreasing trend after the treatment of 20 g/L of nutrient solution. In addition, no significant difference was observed between the cap diameter of mushrooms treated with 20 and 40 g/L in treatments of C₂T₂ and C₃T₂, and the maximum cap diameter of mushrooms in these treatments was 3.73 and 3.67 cm, respectively. Enrichment of button mushroom compost by nutritional supplements can prevent severe yield reduction during different flushes.

The number of mushrooms produced in two different times was not significant. It showed that the effect of using time of supplemental nutrition was more effective on the rapid growth of the formed pins than growth of new pins. The formation of pins and the number of mushrooms were under the influence of the amount of inoculation and used spawn in the compost. The positive results obtained from the foliar application of the nutrients showed that its compounds, including sucrose



and dextrose and highly consumed elements such as nitrogen, phosphorus, potassium and amino acids, have played an important role on the number, single weight of mushrooms and the cap diameter of mushroom.

The use of nutrient solution in C₃T₂ treatment compared to C₁T₂ increased nitrogen percentage by 66.43%, protein by 66.22%, tissue firmness by 71.44% and biological efficiency of substrate by 66.32%, respectively. Pervious study showed that, the effect of different concentrations of three amino acids asparagine, glutamine and glycine on some quality indicators and performance components of white button mushroom was investigated and the results indicated that asparagine 150 ppm improved the yield and increased the protein content. High NPK content in mushroom substrates significantly shortens the rate of mycelium propagation and increases oyster mushroom growth. One of the basic criteria for a good mushroom substrate is the carbohydrate and nitrogen content to support mushroom growth.

Also, using a concentration of 40 g/L of nutrient solution at the time of emergence of the second pin, in comparison with C₁T₂ treatment, increased the yield of the second flush by 64.15%, the yield of the third flush by 71.17%, the yield of all flushes by 26.79% and the total yield of composted by 26.76%, respectively. Carbon, with its structural role and presence in most organic compounds and providing energy for metabolic reactions, plays a significant role in the growth of button mushrooms. On the other hand, button mushrooms are able to use amino acids as a source of nitrogen. Therefore, it seems that the use of the above compounds in the nutrient solution used in this research has been able to produce favorable results both quantitatively and qualitatively in the studied button mushrooms. On the other hand, it seems that the presence of widely used elements such as phosphorus and potassium in the nutrients used in this research and the positive role of these elements in the production of nucleic acid, adenosine triphosphate, membrane phospholipids and enzyme reactions has been able to play a key role in increasing the quantitative and qualitative properties of button mushrooms.

Conclusion: The use of 40 g/L concentration of nutritional supplement at the time of the appearance of the second flush by affecting the percentage of dry matter, protein and tissue firmness increased the quality level of button mushrooms and enhanced quantitative level by improving yield indicators such as the number of mushrooms, single weight of mushroom, total yield of flushes and percentage of total yield of compost.

Key words: *Nutrition, time, flush, button mushroom, yield, spraying*

بررسی اثرات تغذیه تکمیلی و زمان استفاده آن بر شاخص‌های کمی، کیفی و بیوشیمیایی قارچ دکمه‌ای

ادریس شعبانی

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵	<p>کاهش سطح عملکردی و کیفی قارچ دکمه‌ای در طول دوره برداشت، به دلیل کاهش مواد غذایی بستر و تجمع ترکیبات نامطلوب از چالش‌های مهم صنعت تولید قارچ است. در این راستا آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی اثر تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر شاخص‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار غلظت (C) تغذیه تکمیلی (۰ (C₁)، ۲۰ (C₂)، ۴۰ (C₃) و ۶۰ (C₄) گرم بر لیتر) (ترکیبی از دو فاز مایع شامل عناصر کم‌مصرف، پرمصرف، اسیدهای آمینه و جامد شامل ساکارز و دکستروزین) و دو زمان استفاده (یک روز بعد از برداشت فلش اول (T₁) و شروع فلش دوم و تشکیل پین (T₂)) بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بیشترین تعداد قارچ در تیمار C₃T₂ با مقدار ۲۱۵/۸۹ عدد مشاهده گردید که در قیاس با تیمار C₁T₂ افزایش ۲۰/۳۵ درصدی را به همراه داشت. استفاده از محلول مغذی در تیمار C₃T₂ در قیاس با C₁T₂ به ترتیب سبب افزایش ۶۶/۴۳٪ درصدی نیتروژن، ۶۶/۲۲٪ پروتئین و ۷۱/۴۴٪ سفیدی بافت و ۶۶/۳۲٪ کارایی بیولوژیکی بستر گردید. استفاده از غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی در زمان ظهور پین دوم در قیاس با تیمار C₁T₂ به ترتیب سبب افزایش ۶۴/۱۵٪ عملکرد فلش دوم، ۷۱/۱۷٪ عملکرد فلش سوم، ۲۶/۷۹٪ عملکرد کل فلش‌ها و ۲۶/۷۶٪ درصدی عملکرد کل کمپوست شده است. با توجه به یافته‌های این پژوهش محلول پاشی غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی در زمان ظهور پین فلش دوم به منظور بهبود خصوصیات کیفی و حصول حداکثری شاخص‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای توصیه می‌گردد.</p>
پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۲/۲۸	
کلمات کلیدی:	
تغذیه،	
زمان،	
فلش،	
قارچ دکمه‌ای،	
عملکرد،	
محلول پاشی	
* عهده دار مکاتبات	
Email: edris.shabani@scu.ac.ir	

مقدمه

قارچ‌ها از نظر تقسیم‌بندی دسته‌ای متفاوت از یوکاریوت‌ها هستند که جز گیاهان و جانوران محسوب نمی‌شوند. در دیواره سلول‌های قارچ ترکیبی به نام

کتین وجود دارد که اجازه انجام فتوسنتز را به آن‌ها نخواهد داد. قارچ‌ها موجوداتی هتروتروف هستند که برای دریافت انرژی و کربن جهت رشد و تکثیر به ترکیبات آلی نیاز دارند. قارچ‌های کشت شده در ایران

تدریج میزان محصول و کیفیت آن کاهش می‌یابد. یافتن راهکارهایی جهت افزایش عملکرد، بهبود و افزایش ویژگی‌های کیفی، از جمله چالش‌هایی است که تولیدکنندگان و پژوهشگران با آن روبرو هستند. یکی از راهکارهای جلوگیری از کاهش عملکرد و خصوصیات کیفی قارچ خوراکی در طول فلش‌های مختلف، غنی‌سازی کمپوست با مکمل‌های غذایی می‌باشد (۷، ۹ و ۱۵). رشد و تولید مناسب قارچ دکمه‌ای به سطوح مواد غذایی در دسترس و نوع و کیفیت کمپوست بستگی دارد (۳). در دسترس بودن مواد مغذی یکی از عواملی است که مستقیماً با بهره‌وری کمپوست مرتبط است. بنابراین بهبود کیفیت غذایی کمپوست برای افزایش سود اهمیت زیادی دارد (۲۱). انتخاب مکمل‌های غذایی، زمان مصرف و توزیع یکنواخت آن می‌تواند سبب حصول حداکثری عملکرد در کمپوست‌های مورد استفاده گردد (۱۷). بررسی منابع علمی نشان می‌دهد که استفاده از دکسترین به عنوان منبع کربنی در تغذیه تکمیلی قارچ دکمه‌ای افزایش اندازه و عملکرد کل به مراتب بیشتری را نسبت به ساکارز به نمایش گذاشت (۸). همچنین در آزمایش دیگری افزایش عملکرد قارچ دکمه‌ای در صورت دسترسی کافی میسلیم‌های قارچ به آمینواسیدها و پروتئین‌ها اثبات گردید (۲۴). یافته‌های Pardo-Gimenez et al (۱۷) نشان داد که بسته به غلظت استفاده شده از مکمل نیتروژنی (N) در کمپوست‌های قارچ دکمه‌ای افزایش عملکرد زیستی بین ۶/۲ تا ۲۲/۳ درصد به دست آمد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد حتی استفاده از مکمل‌های با محتوای N پایین برای کمپوست، سبب عملکرد بهتر بدون هیچ گونه تاثیر منفی بر کیفیت قارچ برداشت شده خواهد شد. با توجه به موارد مطرح شده، استفاده از تغذیه تکمیلی در فرآیند پرورش قارچ دکمه‌ای سفید به منظور افزایش عملکرد در واحد سطح و ارتقای سطح کیفی آن امری کاملاً

به چهار گروه قارچ دکمه‌ای، قارچ صدفی، چینی و ژاپنی تقسیم می‌شوند که در این گروه، قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) یکی از رایج‌ترین قارچ‌های خوراکی است (۱۸).

قارچ‌های خوراکی به دلیل سهولت در پخت و پز، کالری پایین، ارزش غذایی قابل توجه، مزه و طعم مناسب مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. یافته‌های علمی نشان می‌دهد که هر ۵۵۰ گرم از قارچ خوراکی تنها حاوی ۲۰ کالری انرژی است که می‌تواند برای طرفداران گیاهخواری و کاهش وزن مورد توجه باشد. قارچ‌های خوراکی سرشار از پروتئین، ویتامین و چربی محلول می‌باشند. در سراسر دنیا انواع مختلفی از قارچ‌های خوراکی کشت و پرورش داده می‌شود که یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین آنها قارچ دکمه‌ای می‌باشد. قارچ دکمه‌ای به شکل خام یا پخته و یا کنسروی در انواع سالادها، پیش غذاها، سوپ‌ها، ساندویچ‌ها و غذای‌های اصلی مورد مصرف قرار می‌گیرد (۲۳).

در بسیاری از کشورها به دلیل اینکه ماده غذایی با ارزشی همچون قارچ خوراکی از ضایعات و دورریز-های بخش کشاورزی تولید می‌گردد، پرورش آن مورد توجه بسیاری از کشاورزان و تولیدکنندگان قرار گرفته است (۸). قارچ‌های خوراکی از جمله قارچ‌های بزرگ مقیاس هستند که فاقد کلروفیل بوده و لذا جهت تامین مواد غذایی مورد نیاز خود به سوبسترا نیاز دارند (۸). این سوبسترا که در تولید قارچ سفید دکمه‌ای به کار گرفته می‌شود، کمپوست قارچ نامیده می‌شود. تولید و آماده کردن کمپوست مناسب برای تولید صنعتی قارچ دکمه‌ای نسبتاً گران قیمت است به گونه‌ای که حدود ۵۰ درصد از هزینه‌های تولید قارچ را کمپوست تشکیل می‌دهد (۷). از طرفی دیگر یکی از چالش‌های مطرح در تولید قارچ دکمه‌ای این است که بعد از نخستین برداشت (فلش اول)، به دلیل کاهش سطوح مواد غذایی و تجمع مواد و ترکیبات نامطلوب در کمپوست، به

عملیات رافلینگ، شوک‌دهی در سالن مربوطه انجام گردید. به منظور عملیات شوک‌دهی دمای کولر سالن که روی ۲۳ درجه سلسیوس تنظیم شده بود روزی ۲ درجه پایین آورده شد تا طی ۳ روز دمای کمپوست به تدریج به ۱۷ درجه سانتی‌گراد رسانده شود و تا پایان دوره نیز در محدود ۱۸-۱۹ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. هوادهی سالن نیز در همین مرحله انجام گردید، بدین ترتیب که به ازای هر ۱۵ دقیقه روشن بودن کولر آبی، ۳۰ دقیقه خاموش گردید. کولر آبی علاوه بر تامین هوای تازه نقش موثری را در تامین رطوبت سالن نیز بازی می‌کند. رطوبت سالن طی این دوره توسط دستگاه هواساز و آبیاری سطح بستر، کف و دیواره‌های سالن بین ۸۰-۹۰ درصد نگهداری گردید. بعد از عملیات شوک‌دهی و ظهور پیش‌فلش‌ها، برداشت اول توسط دست صورت گرفت. تیمارهای مذکور بعد از شوک‌دهی و در زمان‌های یک روز بعد از برداشت فلش اول و شروع فلش دوم و تشکیل بین‌بصورت محلول‌پاشی اعمال گردید. به منظور تغذیه تکمیلی از یک مکمل تغذیه‌ای مخصوص قارچ دکمه‌ای که شامل دو فاز جامد و مایع بود، استفاده شد. فاز مایع این محلول حاوی عناصر کم‌مصرف، پرمصرف و اسیدهای آمینه و فاز جامد آن حاوی ساکارز و دکسترین بود. این محصول با نام تجاری کارا® از شرکت نوآوران بهرویش پیشگام کارا که حق مالکیت معنوی و اختراع آن را به عهده دارد، تهیه گردید. مطابق پیشنهاد شرکت، برای تهیه مکمل‌های غذایی تیمارهای مختلف به ترتیب مقادیر ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم از فاز جامد را در ۱۰۰ سی‌سی از فاز مایع حل کرده و با آب به حجم یک لیتر رسانده و در سطح یک مترمربع در زمان‌های ذکر شده اسپری گردید. طی برداشت‌های مختلف تعداد قارچ-های هر تیمار شمارش و توزین گردید. قارچ‌ها بلافاصله بعد از برداشت جهت بررسی خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی به آزمایشگاه تجزیه کیفی گروه علوم

ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا این پژوهش سعی دارد با مطالعه اثر زمان استفاده و غلظت‌های مختلف تغذیه تکمیلی تغییرات شاخص‌های عملکردی، کیفی و بیوشیمیایی را در قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در یک واحد تولیدی واقع در بخش دغاغله شهرستان اهواز طی پاییز و زمستان ۱۴۰۱ اجرا گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو مشاهده به ازای هر تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار غلظت تغذیه تکمیلی (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم بر لیتر) و دو زمان استفاده (یک روز بعد از برداشت اول و شروع فلش دوم و تشکیل بین) بود.

به منظور انجام این آزمایش ابتدا سالن پرورش توسط فرمالین و هیپوکلریت سدیم ضدعفونی گردید. بسته‌های کمپوست تلقیح شده با ابعاد ۶۰×۴۰ سانتی‌متر از شرکت جوانه اصفهان تهیه و روی قفسه‌های فلزی (عرض ۱/۲۰ و طول ۱۲ متر) قرار گرفت. وزن تقریبی هر بسته کمپوست ۱۶/۶۶ کیلوگرم بود. در مجموع ۴۸ بسته کمپوست در سطح قفسه‌ها توزیع و در مرحله بعد با پاره کردن پلاستیک‌ها، عملیات تخت‌کوبی و مسطح شدن کمپوست‌ها روی طبقات فلزی انجام گردید. یک روز بعد از تخته‌کوبی به منظور انجام این طرح در قالب یک طرح آماری، عملیات نخ‌کشی جهت مشخص نمودن تعداد تکرار-تیمارهای مربوطه و برجسب‌زنی قفسات فلزی به منظور انجام دقیق عملیات تغذیه تکمیلی انجام پذیرفت. حدود دو هفته بعد از عملیات تخته‌کوبی مرحله طلایی رنگ شدن بسترهای کمپوست رویت گردید که بلافاصله در همان روز عملیات سفره-کشی روی سطح بستر انجام گردید. یک هفته بعد از عملیات سفره کشی عملیات رافلینگ بسترهای کمپوست صورت پذیرفت. حدود چهار روز بعد از

کارایی بیولوژیکی نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه و ثبت گردید (۱۰).

$$(۳) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{عملکرد قارچ تازه}}{\text{وزن خشک کمپوست}} = \text{کارایی بیولوژیکی}$$

در پایان آزمایش، داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه آماری گردید و در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن مورد مقایسه میانگین قرار گرفت.

نتایج و بحث

اثر تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های کمی قارچ دکمه‌ای

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف تغذیه تکمیلی در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص‌های کمی مانند تعداد قارچ، وزن تک قارچ، طول پایه، قطر پایه و قطر کلاهک معنی‌دار بوده است (جدول ۱). همچنین نتایج تجزیه واریانس این مطالعه نشان داد که اثر زمان تغذیه تکمیلی اگرچه بر تعداد قارچ دکمه‌ای معنی‌دار نبوده است اما بر سایر شاخص‌های کمی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است (به جز طول پایه در سطح احتمال ۵ درصد) (جدول ۱).

نتایج مقایسات میانگین اثرات اصلی تغذیه تکمیلی نشان داد که بیشترین تعداد قارچ به ترتیب در غلظت‌های ۴۰ و ۲۰ گرم بر لیتر محلول تغذیه‌ای با مقادیر ۲۱۰/۴۶ و ۲۰۵/۹۵ عدد به دست آمد (جدول ۲). همچنین بیشترین وزن تک قارچ و قطر کلاهک در تیمار ۴۰ گرم بر لیتر و بیشترین طول و قطر پایه در تیمار ۲۰ میلی گرم بر لیتر محلول تغذیه‌ای مشاهده گردید (جدول ۲). یکی از نتایج قابل توجه این پژوهش که در سالن تولید قارچ نیز مشهود بوده است افزایش طول پایه-های قارچ تحت غلظت ۲۰ گرم بر لیتر محلول مغذی بوده است که در زمان T_1 نسبت به زمان T_2 نیز به وضوح قابل رویت بوده است. غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول تغذیه‌ای در مقایسه با تیمار شاهد (C_1) به ترتیب سبب افزایش ۱۷/۰۲٪ و ۳۴/۴۱٪ تعداد و وزن تک قارچ گردید. اختلاف معنی‌داری

باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل گردید. در مرحله بعد وزن تک قارچ توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید. طول و قطر پایه و قطر کلاهک توسط کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. عملکرد کمپوست در چهار چین برداشت فلش اول، سه چین برداشت فلش دوم و دو چین برداشت فلش سوم بصورت جداگانه و عملکرد کمپوست در دو فلش دوم و سوم و عملکرد کل فلش‌ها نیز جمع و محاسبه گردید. همچنین درصد عملکرد کل کمپوست از رابطه ۱ به-دست آمد (۱۰).

$$(۱) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{عملکرد قارچ تازه}}{\text{وزن تر کمپوست}} = \text{درصد عملکرد کل کمپوست}$$

به منظور محاسبه درصد ماده خشک قارچ میزان ۱۰۰ گرم از بافت تازه قارچ وزن، برش زده و تا زمان تثبیت وزن خشک در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سفتی بافت کلاهک‌های قارچ با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (Santam, STM-1, Iran) با پروپ آلومینیومی ۱۱ میلی متری و سرعت ۰/۵ میلی‌متر در ثانیه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به منظور اندازه-گیری میزان نیتروژن بافت قارچ دکمه‌ای، ابتدا ۲ گرم از نمونه بافت‌های خشک شده با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید و به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن مقدار کمی آب مقطر به خاکستر حاصل اضافه گردید و در ادامه ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مولار به آن اضافه شد. محتویات کروزه از کاغذ صافی به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری صاف گردید. سپس عصاره نهایی با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد. میزان نیتروژن موجود در بافت‌های قارچ دکمه‌ای، بعد از هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک-اسید سالیسیلیک-آب اکسیژنه به وسیله کج‌لدال تعیین گردید (۱). درصد پروتئین خام قارچ‌ها با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (۱۱).

$$(۲) \quad ۶/۲۵ \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین}$$

بین قطر کلاهک تیمارهای ۲۰ و ۴۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده نگردید (جدول ۲).
 همچنین نتایج اثرات اصلی نشان داد که به غیر از تعداد قارچ دکمه‌ای، بقیه صفات کمی همچون وزن تک قارچ، طول، قطر پایه و قطر کلاهک تحت تاثیر زمان‌های اسپری محلول تغذیه‌ای قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین وزن تک قارچ و قطر پایه در زمان T_2 (بعد از ظهور پین فلش دوم) و بیشترین طول پایه و قطر کلاهک در زمان T_1 (یک روز بعد از برداشت فلش اول) مشاهده گردید (جدول ۲). محلول-پاشی در زمان T_2 در قیاس با زمان T_1 سبب افزایش ۴/۱۴ درصدی در وزن تک قارچ و افزایش ۸/۳۳ درصدی در قطر پایه‌های قارچ دکمه‌ای گردید (جدول ۲).

جدول (۱) تجزیه واریانس اثرات تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر تعداد و وزن تک قارچ، طول و قطر پایه و قطر کلاهک قارچ دکمه‌ای

Table (1) Analysis variance of the effects of supplementary nutrition at different times on the number and single weight of mushroom, base length and diameter and cap diameter of button mushroom

میانگین مربعات						
منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	تعداد قارچ (Number of mushroom)	وزن تک قارچ (Single weight of mushroom (g))	طول پایه (Base length (cm))	قطر پایه (Base diameter (cm))	قطر کلاهک (Cap diameter (cm))
غلظت (Concentration)	3	1554.79 **	10.59 **	0.71 **	0.17 **	0.22 **
زمان (Time)	1	17.31 Ns	1.16 **	0.17 *	0.04 **	0.03 **
غلظت × زمان (C×T)	3	78.47 Ns	1.27 **	0.20 Ns	0.004 **	0.10 **
خطا (Error)	16	35.92	0.13	0.02	0.0004	0.003
ضریب تغییرات (CV (%))	-	3.08	3.33	8.49	1.94	1.71

Ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

Ns, * and **: respectively non-significant and significant at the 5% and 1% probability level.

جدول (۲) مقایسات میانگین اثرات اصلی تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر تعداد و وزن تک قارچ، طول و قطر پایه و قطر کلاهک قارچ دکمه‌ای

Table (2) The main effects of supplementary nutrition at different times on the number and single weight of mushroom, base length and diameter and cap diameter of button mushroom

تیمارها (Treatment)	تعداد قارچ (Number of mushroom)	وزن تک قارچ (Single weight of mushroom (g))	طول پایه (Base length (cm))	قطر پایه (Base diameter (cm))	قطر کلاهک (Cap diameter (cm))
C					
C ₁	179.84 ^b	8.95 ^c	1.73 ^b	0.91 ^d	3.29 ^c
C ₂	205.95 ^a	11.34 ^b	2.35 ^a	1.31 ^a	3.70 ^a
C ₃	210.46 ^a	12.03 ^a	1.74 ^b	1.10 ^c	3.66 ^a
C ₄	181.20 ^b	11.07 ^b	1.56 ^b	1.17 ^b	3.43 ^b
T					
T ₁	193.51	10.62 ^b	1.93 ^a	1.08 ^b	3.56 ^a
T ₂	195.21	11.06 ^a	1.76 ^b	1.17 ^a	3.48 ^b

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level.

تیمارهای C_2T_2 و C_3T_2 مشاهده نگردید و بیشترین میزان قطر کلاهک قارچ‌ها در این تیمارها به ترتیب با $3/73$ و $3/67$ سانتی متر بوده است (جدول ۳).

کاهش مواد غذایی بستر و تجمع ترکیبات نامطلوب از دلایل کاهش عملکرد و کیفیت قارچ دکمه‌ای در طول دوره پرورش قارچ است. استفاده از مکمل‌های غذایی جهت غنی سازی کمپوست قارچ سبب جلوگیری از کاهش عملکرد طی فلش‌های مختلف برداشت می شود (۷، ۹ و ۱۵). یافته های یک پژوهش نشان داد که رشد میسلیوم‌ها با تیمار محلول دکستریز در بستری که ۳۰ درصد آن را پیت ماس تشکیل می‌داد بهتر از استفاده از این محلول در بستر پرلیت بوده است هر چند در عملکرد نهایی اختلاف معنی داری مشاهده نگردید (۲). یافته های علمی در شرایط *In vitro* نشان داد از بین ده منبع مختلف تغذیه‌ای (کربنی) رشد بهتر میسلیوم‌های قارچ دکمه‌ای با استفاده از دکستریز، فروکتوز و ساکارز مشاهده گردید (۱۳).

نتایج یک مطالعه در شرایط کشت هیدروپونیک نشان داد که قارچ دکمه ای توانایی استفاده از ساکارز به عنوان منبع کربن را دارا می باشد (۲).

داده‌های اثر متقابل تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های کمی قارچ دکمه‌ای نشان داد که وزن تک قارچ، قطر پایه و قطر کلاهک تحت تاثیر مقدار و زمان اسپری محلول تغذیه‌ای قرار گرفتند ($p \leq 0.01$) در حالی که تاثیر معنی داری بر تعداد قارچ و طول پایه قارچ های دکمه‌ای نداشته است (جدول ۱).

نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل تغذیه تکمیلی و زمان محلولپاشی بر صفات کمی نشان داد که کمترین وزن تک قارچ در زمان اول محلولپاشی و در تیمار C_1T_1 و بیشترین میزان وزن تک قارچ در زمان دوم محلولپاشی و به ترتیب در تیمارهای C_2T_2 و C_3T_2 مشاهده گردید (جدول ۳). اگرچه محلولپاشی غلظت‌های مختلف محلول تغذیه‌ای در دو زمان مختلف تاثیر معنی داری بر طول پایه قارچ دکمه‌ای نداشته است، اما نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان طول پایه قارچ در تیمار C_2T_2 با $1/36$ سانتی متر به دست آمد (جدول ۳). همراه با افزایش غلظت محلول‌های تغذیه‌ای قطر کلاهک در زمان T_1 افزایش معنی داری را نشان داد در حالی که در زمان T_2 این مقدار بعد از تیمار ۲۰ میلی گرم بر لیتر روند کاهشی را به نمایش گذاشت (جدول ۳). علاوه بر این، اختلاف معنی داری بین قطر کلاهک قارچ‌های تیمار ۲۰ و ۴۰ گرم بر لیتر

جدول (۳) مقایسات میانگین اثرات متقابل تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر تعداد قارچ، وزن تک قارچ، طول و قطر پایه و قطر کلاهک قارچ دکمه‌ای

Table (3) The interaction effects of supplementary nutrition at different times on the number and single weight of mushroom, base length and diameter and cap diameter of button mushroom

قطر کلاهک	قطر پایه	طول پایه	وزن تک قارچ	تعداد قارچ	تیمارها
Cap diameter (cm)	Base diameter (cm)	Base length (cm)		Number of mushroom	(Treatment)
3.25 ^{bc}	0.90 ^f	1.71	8.94 ^f	180.30	C_1T_1
3.67 ^a	1.27 ^b	2.41	10.55 ^e	204.38	C_2T_1
3.65 ^a	1.05 ^e	1.92	11.67 ^{bc}	205.02	C_3T_1
3.67 ^a	1.10 ^d	1.67	11.34 ^{cd}	184.35	C_4T_1
3.33 ^b	0.92 ^f	1.75	8.95 ^f	179.38	C_1T_2
3.73 ^a	1.36 ^a	2.28	12.13 ^{ab}	207.52	C_2T_2
3.67 ^a	1.15 ^c	1.56	12.38 ^a	215.89	C_3T_2
3.20 ^c	1.24 ^b	1.45	10.80 ^{de}	178.05	C_4T_2

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level.

اسپری محلول مغذی بطور معنی داری بر شاخص‌های کیفی و بیوشیمیایی قارچ دکمه‌ای موثر بوده است، به گونه‌ای که اسپری محلول مغذی در زمان T_2 در قیاس با زمان T_1 به ترتیب سبب افزایش ۳/۵ درصدی ماده خشک، ۱۱/۳۴ درصدی نیتروژن، ۱۱/۵۷ درصدی پروتئین و ۱۴/۰۷٪ سفتی بافت و ۵/۶۳ درصدی کارایی بیولوژیکی بستر گردید که می‌تواند از نتایج حائز اهمیت این پژوهش باشد (جدول ۵).

همچنین نتایج این بررسی نشان داد که اثر متقابل غلظت و زمان‌های مختلف اسپری محلول مغذی بر درصد ماده خشک، درصد نیتروژن، درصد پروتئین، سفتی بافت و کارایی بیولوژیکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بوده است (جدول ۴ و ۶). نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل تغذیه تکمیلی و زمان اسپری بر صفات کمی نشان داد که بیشترین مقدار درصد ماده خشک بافت‌های قارچ دکمه‌ای در تیمار C_4T_2 و کمترین مقدار آن در تیمارهای C_1T_1 و C_1T_2 مشاهده گردید. اختلاف معنی داری بین درصد ماده خشک غلظت‌های ۴۰ گرم بر لیتر در زمان‌های T_1 و T_2 مشاهده نگردید (جدول ۶).

بالاترین میزان نیتروژن بافت به ترتیب در تیمارهای C_3T_2 و C_4T_2 مشاهده گردید که در قیاس با تیمارهای C_3T_1 و C_4T_1 به ترتیب سبب افزایش ۱۰/۴۵ و ۱۰/۲۹٪ نیتروژن بافت قارچ‌های دکمه‌ای گردید (جدول ۶). همانند میزان نیتروژن بافت، بالاترین درصد پروتئین قارچ‌های دکمه‌ای با مقادیر ۳۰/۳۷ و ۳۰/۱۶٪ به ترتیب در تیمارهای C_3T_2 و C_4T_2 مشاهده گردید (جدول ۶). اثر متقابل غلظت‌های مختلف محلول مغذی و زمان اسپری آن به طرز محسوسی سفتی بافت قارچ‌های دکمه‌ای را تحت تاثیر قرار داد، به گونه‌ای که غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی و اسپری در زمان ظهور بین دوم بالاترین میزان سفتی بافت با ۹۴/۲۶ نیوتن را به نمایش گذاشت که در قیاس با پایین‌ترین غلظت محلول غذایی در زمان T_2 (C_1T_2) سبب افزایش ۷۱/۴۴ درصدی سفتی بافت قارچ‌های دکمه‌ای گردید (جدول ۶). این افزایش نشان‌دهنده نقش مثبت محلول مغذی استفاده شده در زمان ظهور بین دوم بر سفتی بافت‌های قارچ دکمه‌ای می‌باشد (جدول ۶).

مطابق یافته‌های علمی افزایش تعداد قارچ تحت تغذیه تکمیلی می‌تواند متأثر از عناصر غذایی موجود در آن به ویژه نقش مثبت نیتروژن باشد (۱۹). عدم تأثیر معنی دار تعداد قارچ تولید شده در دو زمان مختلف (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر زمان استفاده از قارچ تکمیلی بیشتر از آن که بر رشد پین‌های جدید موثر بوده باشد بر رشد سریع پین‌های تشکیل شده تأثیرگذار بوده است. تشکیل پین‌ها و تعداد قارچ تولیدی تحت تأثیر میزان تلقیح و اسپان بکار رفته در کمپوست قرار دارد (۸). نتایج مثبت حاصل از محلول پاشی ماده مغذی بکار رفته نشان داد که ترکیبات موجود در آن از جمله ساکارز و دکستروز و عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و اسیدهای آمینه توانسته است نقش مهمی را بر تعداد، وزن تک قارچ و قطر کلاهک قارچ دکمه‌ای ایفا نماید (جدول ۲).

همچنین یافته‌های این پژوهش نشان داد، اگرچه استفاده از سطح ۲۰ گرم بر لیتر محلول مغذی سبب افزایش طول پایه و قطر کلاهک قارچ می‌گردد اما به منظور برداشت بازار پسند به غلظت ۴۰ گرم بر لیتر آن نیاز است تا علاوه بر تولید قارچ‌هایی با پایه کوتاه‌تر، قارچ‌هایی با وزن تک قارچ و قطر کلاهک بیشتر برداشت نمود (جدول ۲ و ۳).

اثر تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی قارچ دکمه‌ای

نتایج تجزیه واریانس این مطالعه نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف تغذیه تکمیلی و زمان اسپری محلول مغذی در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص‌های کیفی و بیوشیمیایی مانند درصد ماده خشک، درصد نیتروژن، درصد پروتئین، سفتی بافت و کارایی بیولوژیکی معنی دار بوده است (جدول ۴).

بررسی داده‌های کیفی و بیوشیمیایی قارچ دکمه‌ای نشان داد که بالاترین مقادیر نیتروژن (۴/۶۳٪)، پروتئین (۲۸/۹۵٪)، سفتی بافت (۸۸/۳۹ نیوتن) و کارایی بیولوژیکی (۴۷/۵۰٪) در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی مشاهده گردید. همچنین بالاترین مقدار درصد ماده خشک (۴/۶۴٪) در تیمار ۶۰ گرم بر لیتر محلول مغذی مشاهده گردید که در قیاس با تیمار شاهد (صفر گرم بر لیتر) سبب افزایش ۴۵ درصدی ماده خشک گردید (جدول ۵). یافته‌های این آزمایش نشان داد که اثر زمان

اساسی برای یک بستر قارچ خوب، محتوای کربوهیدرات و نیتروژن برای حمایت از رشد قارچ است (۱۶). در آزمایشی اثر مکمل های NPK، بیوجار و کمپوست بلوط در بستر کشت قارچ شیتاکه بر رشد و عملکرد میسلیم و اندام بارده قارچ مورد بررسی قرار گرفت (۴). یک گرم بیوفول (۳۰-۱۰-۱۰) NPK حل شده در ۱۰۰ میلی لیتر آب به بسترهای استاندارد یک کیلو گرمی شامل ۷۰۰ گرم خاک اره، ۲۷۰ گرم سبوس گندم و برنج به نسبت مساوی، ۱۰ گرم سولفات کلسیم (سنگ گچ)، ۱۰ گرم کربنات کلسیم (سنگ آهک) و ۱۰ گرم ساکارز افزوده شد. در بین تمامی تیمارها بیشترین بهره‌وری بیولوژیکی (۸۰٪) در ترکیب بستر کشت پایه به همراه NPK، بیشترین وزن قارچ با ۴۵ گرم وزن مربوط به بستر کشت پایه با مکمل NPK بود. در کل بستر حاوی NPK به دلیل دسترسی بالا نیتروژن و سایر عناصر مغذی دارای بالاترین میزان عملکرد بود. نتایج حاکی از آن بود که نیتروژن نقش بسیار مهمی در توسعه و رشد قارچ شیتاکه دارد، با توجه به نتایج بدست آمده در خصوص تعداد و کیفیت میوه، ارتباط وجود نیتروژن در ترکیب بستر کشت با خصوصیات عنوان شده مشهود می‌باشد (۲۰).

درصد کارایی بیولوژیکی بستر تولید قارچ دکمه‌ای نیز تحت تاثیر غلظت و زمان‌های مختلف اسپری محلول مغذی قرار گرفت (جدول ۶). بیشترین میزان کارایی بیولوژیکی همانند درصد نیتروژن، درصد پروتئین و سفتی بافت در تیمار C_3T_2 با ۵۳/۱۳٪ و کمترین آن در تیمارهای با پایین ترین غلظت محلول یعنی C_1T_2 و C_1T_1 مشاهده گردید (جدول ۶). نتایج این پژوهش نشان داد چه در زمان T_1 و چه در زمان T_2 با افزایش غلظت محلول مغذی تا سطح ۴۰ گرم بر لیتر، شاخص کارایی بیولوژیکی بستر به طور ملموسی افزایش و سپس در تیمار ۶۰ گرم بر لیتر روند کاهشی را به نمایش گذاشت (جدول ۶). در پژوهشی تاثیر غلظت‌های مختلف سه آمینو اسید آسپاراژین، گلوتامین و گلايسین بر برخی شاخص‌های کیفی و مولفه های عملکرد قارچ سفید دکمه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن بود که آسپاراژین ۱۵۰ ppm سبب بهبود عملکرد و افزایش محتوی پروتئین موجود در ماده خشک گردیده است (۱۲). محتوای NPK بالا در بسترهای قارچ به طور قابل توجهی سرعت انتشار میسلیم را کوتاه می‌کند و رشد اندام‌های بارده قارچ صدفی را افزایش می‌دهد. یکی از معیارهای

جدول (۴) تجزیه واریانس اثرات تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر درصد ماده خشک، نیتروژن، پروتئین، سفتی و

کارایی بیولوژیکی قارچ دکمه‌ای

Table(4) Analysis variance of the effects of supplementary nutrition at different times on the percentage of dry matter, nitrogen, protein, firmness and biological efficiency of button mushroom

میانگین مربعات						
کارایی بیولوژیکی	سفتی Firmness (N)	پروتئین Protein (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	درصد ماده خشک Dry matter (%)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (S.O.V)
Biological efficiency (%)						
344.35 **	1201.40 **	151.90 **	3.88 **	2.29 **	3	غلظت (Concentration)
28.37 **	553.72 **	44.86 **	1.14 **	0.10 **	1	زمان (Time)
31.77 **	93.64 **	6.63 **	0.16 **	0.07 **	3	غلظت × زمان (C×T)
0.05	0.001	0.01	0.007	0.005	16	خطا (Error)
0.60	0.05	0.54	0.54	1.89	-	ضریب تغییرات ((CV %)

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد.

Significance at the 1% probability level.

جدول (۵) مقایسات میانگین اثرات اصلی تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر درصد ماده خشک، نیتروژن، پروتئین، سفتی و کارایی بیولوژیکی قارچ دکمه‌ای

Table (5) The main effects of supplementary nutrition at different times on the percentage of dry matter, nitrogen, protein, firmness and biological efficiency of button mushroom

کارایی بیولوژیکی Biological efficiency (%)	سفتی Firmness (N)	پروتئین Protein (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	ماده خشک Dry matter (%)	تیمارها (Treatment)
					C
30.19 ^d	54.94 ^d	18.23 ^d	2.91 ^d	3.20 ^d	C ₁
43.80 ^b	70.48 ^c	24.27 ^c	3.88 ^c	4.14 ^c	C ₂
47.50 ^a	88.39 ^a	28.95 ^a	4.63 ^a	4.32 ^b	C ₃
37.65 ^c	78.60 ^b	28.75 ^b	4.60 ^b	4.64 ^a	C ₄
					T
38.69 ^b	68.30 ^b	23.68 ^b	3.79 ^b	4.00 ^b	T ₁
40.87 ^a	77.91 ^a	26.42 ^a	4.22 ^a	4.14 ^a	T ₂

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level.

جدول (۶) مقایسات میانگین اثرات متقابل تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر درصد ماده خشک، نیتروژن، پروتئین، سفتی و کارایی بیولوژیکی قارچ دکمه‌ای

Table (6) The interaction effects of supplementary nutrition at different times on the percentage of dry matter, nitrogen, protein, firmness and biological efficiency of button mushroom

کارایی بیولوژیکی Biological efficiency (%)	سفتی Firmness (N)	پروتئین Protein (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	ماده خشک Dry matter (%)	تیمارها (Treatment)
30.25 ^g	54.91 ^h	18.20 ^e	2.91 ^e	3.20 ^d	C ₁ T ₁
40.45 ^d	66.66 ^f	21.66 ^d	3.46 ^d	4.11 ^c	C ₂ T ₁
44.86 ^c	82.53 ^c	27.54 ^b	4.40 ^b	4.31 ^b	C ₃ T ₁
39.22 ^e	69.11 ^e	27.33 ^b	4.37 ^b	4.41 ^b	C ₄ T ₁
30.14 ^g	54.98 ^g	18.27 ^e	2.92 ^e	3.20 ^d	C ₁ T ₂
47.15 ^b	74.30 ^d	26.87 ^c	4.30 ^c	4.17 ^c	C ₂ T ₂
50.13 ^a	94.26 ^a	30.37 ^a	4.86 ^a	4.33 ^b	C ₃ T ₂
36.07 ^f	88.10 ^b	30.16 ^a	4.82 ^a	4.87 ^a	C ₄ T ₂

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level.

کل فلش‌ها و درصد عملکرد کل کمپوست معنی‌دار بوده است (جدول ۷).

علاوه بر این نتایج مقایسات میانگین نشان داد که اثر زمان اسپری محلول مغذی بر تمام شاخص‌های عملکردی هر کمپوست از جمله عملکرد فلش دوم، فلش سوم، مجموع عملکرد فلش دوم و سوم، عملکرد کل فلش‌ها و درصد عملکرد کل کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است. همانند غلظت‌های مختلف محلول

اثر تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای در هر کمپوست

نتایج ویژگی‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای در هر کمپوست نشان داد که اگرچه عملکرد فلش اول (با توجه به عدم اعمال تیمار در آن زمان) تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول مغذی قرار نگرفت، ولی به طرز چشم‌گیری در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد فلش دوم، فلش سوم، مجموع عملکرد فلش دوم و سوم، عملکرد

تاثیر به مراتب بیشتری را نسبت به غلظت‌های پایین و بالای آن (صفر و ۶۰ گرم بر لیتر) بر شاخص‌های عملکردی هر کمپوست قارچ داشته است که می‌تواند از نتایج حائز اهمیت این پژوهش باشد. علاوه بر این نتایج این مطالعه نشان داد که اثر زمان استفاده از محلول مغذی بر عملکرد فلش دوم، سوم، مجموع دو فلش دوم و سوم، عملکرد کل فلش‌ها و درصد عملکرد کل هر کمپوست معنی‌دار بوده است؛ به گونه‌ای که بالاترین مقادیر شاخص‌های عملکردی هر کمپوست در زمان استفاده ظهور پین دوم (T_2) مشاهده گردید (جدول ۸). با توجه به اینکه زمان اسپری محلول‌های مغذی بعد از برداشت اول بوده است امری کاملاً آشکار است که شاخص‌های عملکرد فلش اول تحت تاثیر زمان استفاده محلول مغذی قرار نگیرد که از نتایج قابل انتظار این پژوهش بوده است (جدول ۸).

نتایج جدول مقایسات میانگین اثرات متقابل تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای در هر کمپوست نشان داد که اگرچه عملکرد فلش اول مطابق انتظار تحت تاثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت؛ ولی عملکرد فلش دوم، عملکرد فلش سوم، مجموع عملکرد فلش دوم و سوم، عملکرد کل فلش‌ها و عملکرد کل کمپوست هم در زمان اسپری T_1 و هم در زمان T_2 با افزایش غلظت محلول مغذی تا سطح ۴۰ گرم بر لیتر افزایش و سپس در سطح ۶۰ گرم بر لیتر کاهش یافت (جدول ۹). نتایج این مطالعه نشان داد که اثر زمان اسپری غلظت‌های مختلف محلول مغذی در مرحله ظهور پین دوم بیشتر از یک روز بعد برداشت فلش اول بوده است؛ به گونه‌ای که بالاترین عملکرد فلش دوم، سوم، فلش دوم و سوم، عملکرد کل فلش‌ها و عملکرد کل کمپوست در تیمار C_3T_2 مشاهده گردید (جدول ۹). اثر استفاده از غلظت صفر گرم بر لیتر در دو زمان مختلف استفاده، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۹).

یافته‌های این آزمایش نشان داد که استفاده از غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی در زمان ظهور پین دوم در

مغذی، اثر زمان محلول‌پاشی بر میزان عملکرد فلش اول تیمارهای مختلف این آزمایش معنی‌دار نبوده است که از نتایج قابل پیش‌بینی این آزمایش بوده است (جدول ۸).

نتایج مقایسات میانگین اثرات اصلی غلظت‌های مختلف محلول مغذی نشان داد که عملکرد فلش اول در سطوح مختلف محلول مغذی تفاوت معنی‌داری را به نمایش نگذاشت (جدول ۸). بالاترین عملکرد فلش دوم، سوم، مجموع دو فلش دوم و سوم و عملکرد کل فلش‌ها در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر و به ترتیب با مقادیر ۱۷۱۱/۷۶، ۸۱۹/۹۹، ۲۵۳۱/۷۵ و ۴۹۱۲/۸۴ گرم در هر کمپوست مشاهده گردید. همان‌گونه که در جدول ۸ نشان داده شده است، در تیمار C_3 حدود ۴۹ درصد عملکرد کل فلش‌ها در فلش اول، حدود ۳۵ درصد عملکرد کل فلش‌ها در فلش دوم و الباقی در فلش سوم (حدود ۱۶ درصد) برداشت گردید (جدول ۸). همچنین کمترین میزان عملکرد در فلش‌های دوم و سوم و عملکرد کل فلش‌ها در غلظت شاهد (صفر گرم بر لیتر) مشاهده گردید (جدول ۸).

یکی از شاخص‌های مهم در تولید بسته‌های کمپوست قارچ توسط شرکت‌های تولیدی، عملکرد کل کمپوست است که به ازای هر کمپوست به دست می‌آید. مطابق یافته‌های این پژوهش، کمترین درصد عملکرد در تیمار شاهد (صفر گرم بر لیتر) و بالاترین درصد عملکرد تولید قارچ هر کمپوست در تیمار ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی مشاهده گردید که در قیاس با تیمار شاهد سبب افزایش ۲۳/۱۵ درصدی عملکرد کمپوست‌ها گردید (جدول ۸).

با افزایش غلظت محلول مغذی تا سطح ۴۰ گرم بر لیتر درصد عملکرد کل هر کمپوست افزایش و در سطح ۶۰ گرم بر لیتر مجدداً روند کاهشی را به نمایش گذاشت. مطابق جدول ۸ درصد عملکرد کل هر کمپوست به ترتیب الویت در غلظت‌های $C_1 > C_4 > C_2 > C_3$ مشاهده گردید. همان‌گونه که در نتایج این آزمایش مشهود است، غلظت‌های متوسط و میانی محلول مغذی (۲۰ و ۴۰ گرم بر لیتر)

نمایش گذاشت ولی اثرات استفاده از غلظت‌های مختلف محلول مغذی در زمان T₁ نیز به طور ملموسی معنی‌دار بوده است. چنانچه در جدول ۹ مشخص است کمترین میزان عملکرد فلش دوم، سوم، عملکرد کل فلش‌ها و عملکرد کل کمپوست در تیمار شاهد (C₁T₁) مشاهده گردید و بالاترین مقادیر شاخص‌های هر کمپوست در این زمان به ترتیب به تیمارهای با غلظت ۴۰، ۲۰ و ۶۰ گرم بر لیتر اختصاص یافت. شاخص درصد عملکرد کل کمپوست در تیمار C₃T₂ در قیاس با تیمارهای شاهد در دو زمان T₁ و T₂ (غلظت صفر گرم بر لیتر) به ترتیب ۲۲/۶۶ و ۲۶/۷۶٪ بیشتر بوده است که می‌تواند از نتایج قابل توجه این مطالعه باشد (جدول ۹).

قیاس با تیمار همین غلظت در زمان T₁ (C₃T₁) به ترتیب سبب افزایش ۱۳/۶۶ درصدی عملکرد فلش دوم، ۷/۸ درصدی عملکرد فلش سوم، ۵/۸۷ عملکرد کل فلش‌ها و ۵/۸۶ درصدی عملکرد کل هر کمپوست شده است (جدول ۶). همچنین استفاده از غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی در زمان ظهور بین دوم در قیاس با تیمار C₁T₂ به ترتیب سبب افزایش ۶۴/۱۵٪ عملکرد فلش دوم، ۷۱/۱۷٪ عملکرد فلش سوم، ۲۶/۷۹ عملکرد کل فلش‌ها و ۲۶/۷۶ درصدی عملکرد کل هر کمپوست شده است (جدول ۹).

علاوه بر این نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای در هر کمپوست نشان داد که اگرچه زمان استفاده T₂ نتایج بهتری را نسبت به T₁ به

جدول (۷) تجزیه واریانس اثرات تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای در هر کمپوست

Table(7) Analysis variance of the effects of supplementary nutrition at different times on the yield characteristics of button mushrooms in each compost

میانگین مربعات							منابع تغییرات
درصد	عملکرد کل	مجموع عملکرد	عملکرد	عملکرد	عملکرد فلش	درجه	(S.O.V)
عملکرد کل	فلشها	فلش دوم و سوم	فلش سوم	فلش دوم	اول	آزادی	
کمپوست	Total yield flushes (g)	The total yield of the second and third flush (g)	The third flush yield (g)	The second flush yield (g)	The first flush yield (g)	(df)	
Total yield of compost (%)							
35.33 **	981442.97 *	978264.28 **	118760.69 *	416024.78 **	9.32 ^{Ns}	3	غلظت (Concentration)
2.87 **	79938.71 **	80602.63 **	4411.08 **	47301.89 **	1.37 ^{Ns}	1	زمان (Time)
3.26 **	90637.46 **	90266.66 **	8114.89 **	44863.22 **	2.58 ^{Ns}	3	غلظت × زمان (C×T)
0.03	960.89	165.87	103.73	95.38	761.90	16	خطا (Error)
0.68	0.68	0.60	1.49	0.67	1.15	-	ضریب تغییرات ((CV (%))

Ns و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

Ns and **: respectively non-significant and significant at the 1% probability level.

جدول (۸) مقایسات میانگین اثرات اصلی تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای در هر کمپوست

Table (8) The main effects of supplementary nutrition at different times on the yield characteristics of button mushrooms in each compost

تیمارها (Treatment)	عملکرد فلش اول The first flush yield (g)	عملکرد فلش دوم The second flush yield (g)	عملکرد فلش سوم The third flush yield (g)	مجموع عملکرد فلش دوم و سوم The total yield of the second and third flush (g)	عملکرد کل Total yield of flushes (g)	درصد عملکرد کل کمپوست Total yield of compost (%)
C						
C ₁	2379.82	1111.40	498.01	1609.41 ^d	3989.24 ^d	23.93 ^d
C ₂	2380.17	1578.60	756.05	2334.66 ^b	4714.83 ^b	28.29 ^b
C ₃	2381.09	1711.76	819.99	2531.75 ^a	4912.84 ^a	29.47 ^a
C ₄	2378.11	1356.48	650.28	2006.76 ^c	4384.88 ^c	26.31 ^c
T						
T ₁	2380.04	1395.16	667.52	2062.69 ^b	4442.74 ^b	26.65 ^b
T ₂	2379.56	1483.95	694.64	2178.60 ^a	4558.16 ^a	27.35 ^a

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level.

جدول (۹) مقایسات میانگین اثرات متقابل تغذیه تکمیلی در زمان‌های مختلف بر ویژگی‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای در هر کمپوست

Table (9) The interaction effects of supplementary nutrition at different times on the yield characteristics of button mushrooms in each compost

تیمارها (Treatment)	عملکرد فلش اول The first flush yield (g)	عملکرد فلش دوم The second flush yield (g)	عملکرد فلش سوم The third flush yield (g)	مجموع عملکرد فلش دوم و سوم The total yield of the second and third flush (g)	عملکرد کل فلشها Total yield of flushes (g)	درصد عملکرد کل کمپوست Total yield of compost (%)
C ₁ T ₁	2381.02	1113.35 ^g	498.99 ^g	1612.35 ^g	3993.37 ^g	23.93 ^g
C ₂ T ₁	2379.89	1454.48 ^d	701.73 ^d	2156.22 ^d	4536.11 ^d	27.21 ^d
C ₃ T ₁	2381.18	1602.29 ^c	789.21 ^c	2391.50 ^c	4772.68 ^c	28.63 ^c
C ₄ T ₁	2378.06	1410.54 ^e	680.17 ^e	2090.72 ^e	4468.78 ^e	26.81 ^e
C ₁ T ₂	2378.62	1109.45 ^g	497.02 ^g	1606.48 ^g	3985.11 ^g	23.91 ^g
C ₂ T ₂	2380.45	1702.72 ^b	810.37 ^b	2513.10 ^b	4893.55 ^b	29.36 ^b
C ₃ T ₂	2381.01	1821.22 ^a	850.77 ^a	2672.00 ^a	5053.00 ^a	30.31 ^a
C ₄ T ₂	2378.16	1302.42 ^f	620.39 ^f	1922.82 ^f	4300.98 ^f	25.80 ^f

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, the averages with the same letters do not have a significant difference at the 5% probability level.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که بیشترین زمان صرف شده جهت رشد کامل میسلیوم در بستر مربوط به تیمار شاهد (NPK:0) بود که ۲۰ تا ۴۰ روز طول کشید و کمترین زمان صرف شده جهت رشد میسلیوم مربوط به تیمار ۴

در پژوهشی تأثیر مواد مغذی شیمیایی مختلف (NPK) به نسبت (۲:۱:۱) در سه غلظت ۰، ۲، ۴، ۶ گرم در ۱۰ کیلوگرم کاه) بر رشد و عملکرد قارچ صدفی (*Pleurotus ostreatus*) مورد بررسی قرار گرفت (۲۲).

پژوهش و نقش مثبت این عناصر در تولید اسید نوکلئیک، آدنوزین تری فسفات، فسفولیپیدهای غشایی و واکنش-های آنزیمی توانسته است نقش کلیدی را در افزایش خصوصیات کمی و کیفی قارچ‌های دکمه‌ای ایفا نماید (۹) و (۱۴).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از تغذیه تکمیلی در فرآیند پرورش قارچ دکمه‌ای تاثیر بسزایی در بهبود خصوصیات کمی و کیفی قارچ دکمه‌ای دارد. یافته‌های این آزمایش نشان داد، استفاده از مکمل تغذیه‌ای حاوی عناصر پر مصرف، کم مصرف، اسیدهای آمینه و قندهای ساکارز و دکسترین با اثر گذاری بر مقادیر درصد ماده خشک، پروتئین و سفتی بافت سبب ارتقاء سطح کیفی قارچ دکمه‌ای و با بهبود شاخص‌های عملکردی مانند تعداد قارچ، وزن تک قارچ، عملکرد کل فلش‌ها و درصد عملکرد کمپوست سبب ارتقاء سطح کمی قارچ دکمه‌ای می‌شود. یافته‌های این مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی غلظت ۴۰ گرم بر لیتر محلول مغذی در زمان ظهور پین فلش دوم سبب بهبود خصوصیات کیفی و حصول حداکثری شاخص‌های عملکردی قارچ دکمه‌ای خواهد شد. بنابراین استفاده از این غلظت در سالن‌های تولید قارچ در زمان ذکر شده قابل توصیه است.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از زحمات مدیریت و کارکنان شرکت آروند اعتماد آوران تاو ایرانیان، واحد تولیدی آقای مهندس علیرضا یزدان‌خواه و حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز در طول اجرای این پروژه نهایت تقدیر و سپاس به عمل می‌آید.

گرم NPK در ۱۰ کیلوگرم بستر بود که در ۱۶ تا ۲۰ روز ثبت شد.

نتایج حاصل از یک پژوهش نشان داد که آسپاراژین و آسپاراتیک اسید سبب افزایش رشد میسلیوم‌ها شده و در نهایت افزایش عملکرد را در پی دارد (۵). همچنین در پژوهشی دیگر نشان داده شد در صورتی که میسلیوم‌های قارچ دسترسی کافی به آمینواسیدها و پروتئین داشته باشند، افزایش عملکرد را به همراه خواهد داشت (۲۴). پژوهشی دیگر با هدف بررسی اثر منابع مختلف نیتروژنی شامل: اوره، نترات آمونیوم، کلسیم آمونیوم نترات و سولفات آمونیوم در بهبود وضعیت کمپوست قارچ سفید دکمه‌ای صورت پذیرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تیمار نیتروژنی سبب بهبود مولفه‌های عملکردی قارچ سفید دکمه‌ای می‌شود و در این بین نیز به طوری معنی‌داری برتری با کلسیم آمونیوم نترات است (۶). در پژوهشی مشخص گشت که پروتئین کراتین و گلوتن ذرت که توسط روش‌های فیزیکی و شیمیایی دستخوش تغییر گشتند، می‌توانند سبب افزایش تولید قارچ سفید دکمه‌ای گردند (۱۵).

کربن با نقش ساختاری و حضور در اکثر ترکیبات آلی و تامین انرژی واکنش‌های متابولیک سهم بسزایی را در رشد قارچ دکمه‌ای ایفا می‌کند (۹). از طرفی دیگر قارچ‌های دکمه‌ای قادر به استفاده از اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژنه می‌باشند (۱۴). بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از ترکیبات فوق در محلول مغذی استفاده شده در این پژوهش توانسته است نتایج مطلوبی را هم از نظر کمی و هم از نظر کیفی در قارچ‌های دکمه‌ای مورد مطالعه ایجاد نماید.

از طرفی دیگر به نظر می‌رسد وجود عناصر پرمصرف مانند فسفر و پتاسیم در ماده مغذی بکار رفته در این

References

1. Anderson, J. P. E. 1982. Methods of soil analysis. Part2 Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, 9: 831-871.
2. Bechara, M.A., Heinemann, P., Walker, P.N., and Romaine, C.P. 2006. *Agaricus bisporus* Mushroom cultivation in hydroponic systems. Transactions of the ASABE, 49(3): 825-832.
3. Beyer, D. M., and Muthersbaugh, H. 1996. Nutrient supplements that influence later break yield of *Agaricus bisporus*. Canadian Journal of Plant Science, 76(4): 835-840.
4. Biglari Farash, R., and Nikfekar, R. 2021. Investigating the quantitative and qualitative yield of medicinal shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) under the influence of the culture medium content. The 12th Congress of Horticultural Sciences of Iran. September 5-8. Vali-E- Asr University. Rafsanjan. Iran. (In Persian with English abstract).
5. Chandra. A., and Purkayastha, R. P. 1977. Physiological studies on Indian mushrooms. Transactions of the British Mycological Society, 69: 63-70.
6. Demirer, T., Rock-Okuyucu, B., and Ozer, I. 2005. Effect of different types and doses of nitrogen fertilizers on yield and quality characteristics of mushrooms (*Agaricus bisporus*) cultivated on wheat straw compost. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics, 106 (1): 71-77.
7. Farsi, M., and Pourianfar, H. 2011. Cultivation and breeding of the white button mushroom. 275 p. (in Persian).
8. Ghasemi, K., and Salehi, R. 2017. Effect of Carbohydrate Nutrition on the Yield of Button Mushroom (*Agaricus bisporus*). The 1st international conference and the 10th national horticultural science congress of Iran. September 4-7. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. (In Persian with English abstract).
9. Ghasemi, K. Salehi, R., and Esmaili, A.R. 2018. The effect of supplemental nutrition of compost by carbon, nitrogen, phosphorus and potassium on quantitative and qualitative indicators of white button mushroom. The first national conference on novel ideas in agriculture and natural resources. November 2018. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil. Iran. (In Persian).
10. Ghasemi, K., Emadi, M., Bagheri, A., and Mohammadi, M. 2020. Casing material and thickness effects on the yield and nutrient concentration of *Agaricus bisporus*. Sarhad Journal of Agriculture, 36: 734-1009.
11. Guebel, D. V., Nudel, B. C., and Giulietti, A. M. 1991. A simple and rapid micro-kjeldahl method for total nitrogen analysis. Biotechnology Techniques, 5(6): 427-430.
12. Hesami, A. A., Zakeri-asl M. A., and Gardonpar, H. 2014. The Effect of three amino acids (asparagine, glutamine and glycine) on some quantity and quality characteristics of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). International Journal of Farming and Allied Sciences, 3 (2): 187-191.
13. Imtiaj, A., Jayasinghe, C., Lee, G.W., and Lee, T.S. 2009. Comparative study of environmental and nutritional factors on the mycelial growth of edible mushrooms. Journal of Culture Collections, 6(1): 97-105.
14. Miles, O.G., and Chang, S.T. 1997. Mushroom biology. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. pages: 40-53.
15. Mohammadi Goltapeh, E., and Pourjam, E. 2009. Principles of Edible Mushroom Cultivation. Tarbiat Modares University. 614 pages. (In Persian).

16. Ogundele, G. F., Abdulazeez, R. O., and Bamidele, O. P. 2014. Effect of pure and mixed substrate on Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Science*, 2(2S): 215-219.
17. Pardo-Gimenez, A., Pardo-González, J.E., and Cunha Zied, D. 2017. Supplementation of high nitrogen *Agaricus* compost: yield and mushroom quality. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19: 1589-1601.
18. Raftani Amiri, Z., and Afzalian, Z. 2021. The effect of osmotic pretreatment of white sugar, red sugar and licorice on the quality properties of dried white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 112 (18):361-377. (In Persian with English abstract).
19. Rasouli, F., Peyvast, Gh. A., Olfati, J. A., and Ehteshami, S. M. R. 2015. Using vermicompost in casing soil for button mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 45(4): 377-382. (In Persian).
20. Royse, D., and Sanchez-Vazquez, J. 2001. Influence of substrate wood-chip particle size on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology*, 76: 229-233.
21. Sánchez, J. E., and Royse, D. J. 2001. Adapting substrate formulas used for shiitake for production of brown *Agaricus bisporus*. *Bioresource Technology*, 77(1): 65-69.
22. Shalahuddin, A. K. M., Ahmed, K. U., Miah, M. N., Rashid, M. M., and Haque, M. M. 2018. Effect of different chemical nutrients (NPK) on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 18(1): 1-7.
23. Tao, F., Zhang, M., and Yu, H. Q. 2007. Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions. *Journal of Food Engineering*, 79(4): 1302-1309.
24. Upadhyay R. C., and Verma, R. N., Singh, S. K., and Yadav, M. C. 2002. Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* species. *Mushroom Biology and Mushroom Products*, 105 (3): 225-232.