

وزارت جهاد کشاورزی

معاونت امور باغبانی

ضوابط فنی تولید

بستر رویش قارچ خوراکی دکمه ای



دفتر امور گلخانه ها، گیاهان دارویی و قارچ

گروه قارچهای خوراکی

مرداد ۹۴

بستر رویش قارچ دکمه ای قارچ خوراکی به عنوان بسترکشت اختصاصاً فقط برای پرورش قارچ خوراکی دکمه ای تولید و مصرف می شود. این ماده ترکیبی از مواد اولیه (کلش گندم، کود مرغی و سنگ گچ) با فرمول خاص است که بعد از ترکیب، مرطوب و مخلوط کردن، پاستوریزه شده، بذر استریل به آن اضافه و برای مراحل داشت و برداشت آماده می شود. هدف تولید بستر رویش قارچ دکمه ای، تبدیل مواد آلی به بسترکشت مناسب برای رشد قارچ است. یکی از خصوصیات مهم بستر رویش قارچ دکمه ای، انتخابی بودن آن است. انتخابی بودن بستر رویش قارچ دکمه ای بخشی به جنبه های میکروبی و بخشی دیگر به جنبه های شیمیایی آن مربوط می شود.

تولید بستر رویش قارچ دکمه ای شامل سه فاز I و II و III می باشد. هر مرحله دارای اهداف مشخصی است که طی آن باید ترکیبات لازم و شرایط محیطی مناسب برای انجام فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیکی مورد نیاز فراهم گردد. مدیریت تهیه مواد اولیه و ایجاد شرایط مناسب آماده سازی بستر کشت بسیار ضروری است:

۱- فاز I تولید بستر رویش قارچ دکمه ای (Phase I composting): برای کشت قارچ خوراکی دکمه ای باید مواد غذایی مشابه طبیعت تهیه کرد که به آن بستر رویش قارچ دکمه ای گفته می شود. بستر رویش قارچ دکمه ای غذای قارچ را تامین می کند. برای تهیه آن با یک فرمول خاص، مواد اولیه را خیس و مخلوط کرده شرایط را برای واکنش های میکروبی و شیمیایی در آن فراهم می کنند تا مواد اولیه تجزیه شده و به ماده ای هوموسی تبدیل شود.

۲- فاز II تولید بستر رویش قارچ دکمه ای (Phase II composting): بستر رویش قارچ دکمه ای تولید شده در فاز I معمولاً در محیط باز و در شرایط کمتر کنترل شده تهیه می شود در صورتی که فاز II در داخل سالن یا تونل و در محیط بسته و کنترل شده انجام می شود و در انتهای این فاز، اسپان (بذر) قارچ خوراکی در آن کشت می شود.

۳- فاز III تولید بستر رویش قارچ دکمه ای (Phase III composting): بستر رویش قارچ دکمه ای فاز III عبارت است از بستر رویش قارچ دکمه ای که تحت شرایط محیطی کنترل شده، مرحله ریشه دوانی قارچ خوراکی در آن انجام یافته است و مدت زمان آن معمولاً بین ۱۷-۱۳ روز می باشد.

۱- ویژگی های مواد اولیه تولید بستر رویش قارچ دکمه ای (بستر کشت) قارچ خوراکی

۱-۱- منابع سلولزی از جمله کلش گندم و باگاس، باید دارای ویژگی های زیر، باشد:

- کمینه رطوبت، ۵٪ باشد.
- میانگین طول الیاف، حدوداً از ۶ سانتی متر کوتاه تر نباشد.
- الیاف، استحکام داشته باشد.

۱-۲- فضولات حیوانی: فضولات حیوانی، باید دارای ویژگی های زیر، باشد:

- رطوبت بهینه، ۴۰٪-۲۰٪ باشد.
- فاقد گلوله های بهم چسبیده باشد.
- درصد نیتروژن ۱/۵ تا ۵، باشد.

با توجه به اینکه در ایران عمدتاً از کود مرغی گوشتی استفاده می شود، کود مرغی گوشتی باید دارای ویژگی های زیر باشد:

- حداکثر رطوبت ۲۵٪ باشد.
- فاقد گلوله های بهم چسبیده باشد.
- درصد نیتروژن ۳ تا ۵٪ باشد.

۳-۱- پودر سنگ گچ: پودر سنگ گچ، باید دارای ویژگی های زیر، باشد:

- بیشینه رطوبت، ۵٪ باشد.
- به صورت پودری و نرم باشد.
- pH آن، ۷ تا ۸ باشد.

۴-۱- اسپان (اصطلاحاً بذر) قارچ خوراکی یا اسپان با دانه های غلات از جمله چاودار کمینه ۸ لیتر و با گندم، کمینه ۱۰ لیتر در هر تن بستر رویش قارچ دکمه ای فاز ۲، موردنیاز می باشد.

۲- فاز I تولید بستر رویش قارچ دکمه ای:

برخی محصولات جانبی پسماند سلولزی و ازته کشاورزی را می توان برای تولید بستر رویش قارچهای خوراکی استفاده نمود. معمولاً مخلوطی از کود مرغی یا کود اسبی همراه با کاه یا کلش گندم عمومی ترین مواد اولیه تولید بستر رویش قارچ دکمه ای می باشند (شکل ۱). سایر مواد نظیر کاه و کلش ذرت، پوسته پنبه دانه، باگاس نیشکر و انواع مختلفی از کنجاله ها یا دانه ها نظیرکنجاله پنبه دانه، سویا یا دانه ی جو نیز به عنوان مکمل نیز مورد استفاده قرار گیرند. کود مرغی عمومی ترین و اقتصادی ترین منبع تامین نیتروژن مورد نیاز در ایران است. در صورت کمبود نیتروژن می توان از منابع نیتروژنی غیرآلی یا غیر پروتئینی همچون نترات آمونیوم و اوره نیز به میزان کم استفاده نمود. سنگ گچ (جیپسوم) برای کاهش چسبندگی و خنثی نمودن pH بستر کشت افزوده می شود. سنگ گچ مانع از متعادل شدن و اتلاف نیتروژن شده و از چسبندگی جلوگیری می نماید لذا تهویه بستر رویش قارچ دکمه ای بهتر انجام می شود.



شکل ۱- عمومی ترین مواد اولیه تولید بستر رویش قارچ دکمه ای قارچ دکمه ای در کشور (کلش گندم-کود مرغی و سنگ گچ)



ادامه شکل ۱

هوا که تامین کننده اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم ها و واکنش های شیمیایی است، در فرآیند تولید بستر رویش قارچ دکمه ای بسیار ضروری می باشد. محوطه ای با سطح بتنی برای آماده سازی بستر رویش مورد نیاز است. مازاد آب حاصل از خیساندن مواد اولیه را می توان مجدداً در فرآیند عمل آوری اولیه به کار گرفت و در واقع، فرآیند آماده سازی بسترکشت، به یک چرخه بسته شباهت دارد. چنانچه این فرآیند به طور صحیح مدیریت و اجرا شود، هیچ گونه پسایی از این مجموعه به محیط وارد نمی شود. این پساب به کانال های بتنی یا آبگیرهای نفوذ ناپذیر هدایت شده و پس از هوا دهی، به مواد اولیه ای که در روند بستر رویش قارچ دکمه ای مورد استفاده قرار می گیرد، اضافه می شود.

مرحله یا فاز I فرآیند تولید بستر رویش قارچ دکمه ای، شامل مخلوط نمودن و مرطوب سازی مواد اولیه روی هم انباشته شده، می باشد. در اکثر واحدها به مدت چند روز عملیات آماده سازی اولیه وجود دارد که در طی آن مواد اولیه اصلی و برخی مکمل های مورد نیاز مخلوط می شوند، تا جذب آب آنها افزایش یابد.

به محض آن که توده های مواد آلی، مرطوب شده و شکل گرفتند، همزمان با رشد میکروبی و تکثیر آنها، تخمیر هوازی به طور طبیعی در ترکیبات بستر رویش قارچ دکمه ای آغاز می شود. حرارت، گاز آمونیاک و دی اکسید کربن در طی این فرآیند آزاد می شوند.

به محض افزایش دما به بالای 70° سانتیگراد، رشد میکروارگانیسم ها متوقف شده و یک واکنش شیمیایی آغاز می شود. حفظ کربوهیدرات های پیچیده یکی از اهداف فاز I به شمار می رود. میزان و کیفیت نیتروژن در این فاز به شکلی از نیتروژن تبدیل می شود که میکرو ارگانیسم های فاز II و نهایتاً قارچ خوراکی از آن به عنوان منبع غذایی استفاده می کند. رطوبت، اکسیژن، نیتروژن و کربوهیدرات ها باید به میزان کافی در طول فرآیند تولید بستر رویش قارچ دکمه ای وجود داشته باشند در غیر این صورت، این روند متوقف می شود. به همین دلیل است که آب و

مکمل های مورد نیاز، به طور منظم و زمان بندی شده افزوده شده و توده های بسترکشت ضمن جابجایی، هوادهی می شوند. هم زمان با اینکه کله خشک در خلال فرآیند تولید بستر رویش قارچ دکمه ای، نرم می شوند، سایر مواد نیز سختی خود را از دست داده و متراکم تر شده و بر فشردگی افزوده می شود. لذا هوای کمتری به بخشهای زیرین و مرکزی بستر رویش قارچ دکمه ای می رسد. بنابراین، آماده سازی بسترکشت باید در شرایط هوایی که بوهای مشمئز کننده کمتری متصاعد می شود، صورت گیرد.

پیشرفت و توسعه ارتباطات اجتماعی، منجر به تغییراتی در شیوه تولید بستر رویش قارچ دکمه ای در فاز I شده است. متناسب با نزدیک شدن مرزهای شهری به اراضی روستایی، شهروندان شکایت هایی را نسبت به بوی بد واحدهای بستر رویش قارچ دکمه ای مطرح کرده و خواستار اعمال مدیریت صحیح تری بر تولید محصولات کشاورزی شده اند. سیستم جدید در حال جایگزینی کمپوست سازی سنتی بوده تا مدیریت بهتری بر انتشار بوهای نامطبوع در طی تولید بستر رویش قارچ دکمه ای اعمال گردد. اروپایی ها اولین بار برای حذف بوهای نامطبوع متصاعد شده از فعالیت های کشاورزی برنامه ریزی نمودند. بنابراین در بسیاری از فعالیت های تولید بستر رویش قارچ دکمه ای در اروپا از سیستم بسته یا کنترل شده برای اجرای فاز I تولید بستر رویش قارچ دکمه ای استفاده می شود. چنانچه بسترکشت در خلال فاز I به خوبی هوا دهی نشوند، در آن صورت به دلیل کمبود هوا، شرایط بی هوایی ایجاد می شود و متناسب با تشدید فعالیت های بی هوایی در مرکز، بوهای نامطبوع نیز افزایش خواهند یافت. به منظور حفظ شرایط هوایی در سراسر توده بستر، از بخشی به نام کف هوادهی که شامل کف بتنی سوراخ دار و نیز بونکرها استفاده می شود. فن های هوادهی مخصوص هوا را از طریق نازل های موجود در کف بتنی به درون توده کمپوست تزریق می نماید (شکل ۲ و ۳).

به محض آن که ترکیبات خام به حالت نرم و خمیری درآمده و قابلیت جذب و نگهداری آب را به دست آورند و طی فرایند میکروبی و شیمیایی، بوی تند آمونیاک ایجاد و بستر رویش قارچ دکمه ای به رنگ قهوه ای تیره در آید که ناشی از انجام واکنش های قهوه ای شدن (کاراملیزه شدن) می باشد، فاز I پایان می یابد. در آغاز فاز I تولید بستر رویش قارچ دکمه ای، بستر رویش به صورت توده ی زردرنگی است ولی در انتهای فاز I، بستر رویش قارچ دکمه ای کمی متراکم تر شده و به رنگ قهوه ای شکلاتی درآمده و دارای بوی تند آمونیاک می باشد. بستر رویش قارچ دکمه ای فاز I باید از ساختاری برخوردار باشد که در فاز II نیز روند هوادهی در کمپوست ادامه یابد. راندمان تولید قارچ تازه بستگی به میزان ماده خشک کمپوست دارد.



شکل ۲- نمایی از بونکرها



شکل ۳- نمایی از فن های هوادهی متصل به بونکرها که هوا را به داخل توده بستر رویش قارچ دکمه ای منتقل می کند.

۱-۲- ویژگی های بستر رویش قارچ دکمه ای در انتهای فاز I

وضعیت ظاهری: بستر رویش قارچ خوراکی دکمه ای در انتهای فاز I ، باید دارای رنگ قهوه ای تیره و یکنواخت، همراه با بوی تند آمونیاک و دارای بافت مناسب و غیرخشی، باشد و در اثر فشردن مقداری از آن با دست، قطرات آب از بین انگشتان دست، چکیده شود. سایر ویژگی های شیمیایی بستر رویش قارچ دکمه ای در انتهای فاز I ، باید طبق جدول ۱، باشد.

جدول ۱- ویژگی های شیمیایی بستر رویش قارچ دکمه ای در انتهای فاز I

ردیف	ویژگی ها	حد ود قابل قبول
۱	نسبت کربن به نیتروژن ^a (C/N)	کمینه ۱۷:۱
۲	نیتروژن (درصد)	کمینه ۱/۵
۳	رطوبت (درصد)	۷۲-۷۵
۴	pH	۸-۸/۵
۵	آمونیم بر اساس ماده خشک (درصد)	۰/۳-۰/۵
^a در محاسبه نسبت کربن به نیتروژن، نیتروژن شامل مجموع نیتروژن تثبیت شده، نیتروژن آمونیاکی و آمونیم، می باشد.		

۳- فاز II تولید بستر رویش قارچ دکمه ای

در فاز II تولید بستر رویش قارچ دکمه ای، هدف اولیه پاستوریزه کردن بستر رویش قارچ دکمه ای می باشد تا میکروارگانیسم های نامطلوب نظیر قارچ های مزاحم و باکتری ها و نیز حشرات را کاهش داده یا از محیط خارج نماید. این فرآیند یک فرآیند استریل نمودن کامل نیست بلکه تنها رقاباتی که در رقابت غذایی با قارچ خوراکی عمل کرده و یا مستقیماً به آن حمله می کنند، از بین می روند. در عین حال، از کاهش برخی میکروارگانیسم های مفید جلوگیری می گردد. فرایند پاستوریزه نمودن بستر رویش قارچ دکمه ای در داخل سالن یا تونل پاستوریزاسیون انجام می پذیرد که کلیه شرایط محیطی موردنیاز، در فضای بسته و کنترل شده تامین می گردد (شکل های ۹-۴).

هدف دیگر فاز II، کامل نمودن فرآیند تولید بستر رویش قارچ دکمه ای است که طی آن قندهای ساده محلول باقیمانده در محیط و نیز آمونیوم و گازی حاصل از فاز I، به مصرف می رسند. از آن جا که آمونیاک برای (میسلیوم) قارچ، سمی و مضر است، لذا باید به ماده ی غذایی قابل مصرف برای قارچ تبدیل گردد. میکروارگانیسم های مفید در فاز II، آمونیاک سمی را به مواد محلول و آمینی (دیگر ترکیبات نیتروژنی) و در نهایت به پروتئین تبدیل می کنند که بعداً به عنوان منبع غذایی توسط قارچ خوراکی مورد استفاده قرار می گیرد. در پایان فاز II، آمونیاک فرار (با غلظت بیش از ۵ پی پی ام) مانع از رشد اسپان (بذر) قارچ می گردد. معمولاً غلظت بالای ۱٪ آمونیاک که به سهولت توسط افراد قابل تشخیص بوده، برای اسپان نیز سمی و مضر می باشد. اغلب این تبدیل و تغییرات شیمیایی در آمونیاک و کربوهیدرات ها همراه با روند رشد میکروارگانیسم ها در تولید بستر رویش قارچ دکمه ای صورت می گیرد. این میکروارگانیسم ها از محصولات حاصل در فاز I، نظیر آمونیاک به عنوان منبع اصلی غذایی خود استفاده می کنند. آمونیاک در ساخت منابع پروتئینی به مصرف می رسد که در نهایت قارچ با استفاده از این منابع پروتئینی و مواد مغذی رشد می کند.

فاز II تولید بستر رویش قارچ دکمه ای، از دشوارترین مراحل تولید و پرورش قارچ محسوب می شوند. طول مدت فاز II به نحوه ی مدیریت و کنترل دما و اکسیژن کمپوست برای تنظیم فعالیت میکروبی بستگی دارد. در طی این مرحله عملیات پاستوریزه کردن بسترکشت و همچنین شیرین کردن (آمونیاک گیری) آن، انجام می شود. در انتهای فاز II، باید رگه های سفید رنگی روی بسترکشت که ناشی از رشد میکروارگانیسم های گرمادوست می باشد، مشاهده شود.

پاستوریزاسیون موثر باعث حذف باکتری ها، نماتدها، حشرات و قارچ های مضر می شود. به طور کلی، دمای هوا و محیط کمپوست باید به دمای 60° سانتیگراد افزایش یابد و به منظور پاستوریزه شدن، به مدت ۸ تا ۱۲ ساعت در دمای ۵۷ تا ۶۰ درجه سانتیگراد نگهداری شود. میکروارگانیسم های مفید حداقل در دامنه ۴۷ تا ۴۹ درجه سانتیگراد به رشد مطلوب خود ادامه می دهند و میکروارگانیسم های مصرف کننده آمونیاک در دامنه حرارتی $47-49^{\circ}\text{C}$ رشد مطلوبی دارند. هرچه میکروارگانیسم های محیط کمپوست بیشتر در این محدوده ی دمایی و در شرایط مطلوب رشد باقی بمانند، سرعت تبدیل آمونیاک به مواد غذایی مورد مصرف قارچها نیز افزایش می یابد. شناخت و درک نحوه ی رشد و عملکرد میکروارگانیسم ها در محیط کمپوست، باعث سهولت مدیریت فاز II خواهد شد. تولیدکنندگان زمان تکمیل و پایان فاز II را با میزان آمونیاک موجود در بستر رویش قارچ دکمه ای تعیین می کنند. معمولاً استشمام بوی آن بهترین روش به شمار می رود، هر چند که ابزارهای آزمایشگاهی مخصوص برای اندازه گیری میزان آمونیاک کمپوست در اختیار است.



شکل ۴- نمای داخلی سقف و دیواره های از یک نوع تونل پاستوریزاسیون بستر رویش قارچ دکمه ای در حال احداث



شکل ۵- نمای داخلی یک نوع تونل پاستوریزاسیون بستر رویش قارچ دکمه ای در حال احداث



شکل ۶- نحوه استقرار هواساز تونل پاستوریزاسیون بستر رویش قارچ دکمه ای



شکل ۷- نمای استقرار هواساز روی بام تونل پاستوریزاسیون بستر رویش قارچ دکمه ای مجهز به فیلتر هوا



شکل ۸- نمایی از فیلتر هواساز تونل پاستوریزاسیون بستر رویش قارچ دکمه ای



شکل ۹- نمایی از یک تونل پاستوریزاسیون بستر رویش قارچ دکمه ای که در حال پر شدن با بستر رویش قارچ دکمه ای می باشد.

در روش بونکر با جابجا شدن توده های بستر رویش قارچ دکمه ای از یک بونکر به بونکر بعدی و نیز عملیات هوادهی که از کف انجام می شود، طول دوره تولید بستر رویش قارچ دکمه ای به دلیل هوادهی یکنواخت و همچنین کاهش قسمت های سرد (به عبارت دیگر نسبت بالای حجم به سطح)، کوتاه می گردد. عملیات مخلوط کردن، زیر و رو کردن و هوادهی در بونکرها انجام و پس از آن به تونل های پاستوریزه منتقل می شود.

طراحی و اجرای بونکر : ابعاد بونکرها بسته به حجم بستر رویش قارچ دکمه ای متغیر است، عرض بونکرها بین ۶ تا ۸ متر و طول آنها بین ۲۰ تا ۴۰ متر و ارتفاع دیوارها بین ۶ تا ۸ متر از کف متغیر است. دیواره و کف بونکرها از بتون مسلح ساخته می شود، هواسازهای بونکر در پشت دیوار عقب بونکر در یک راهرو تأسیساتی نصب می گردد . هوای مورد نیاز بونکر برای هر تن بستر رویش قارچ دکمه ای بین ۱۵-۵ مترمکعب در ساعت با فشار ۵۰۰ تا ۸۰۰ پاسکال است که با توجه به میزان رطوبت بستر رویش قارچ دکمه ای و سنگینی مواد پر شده دارد. کف بونکر پس از بتون ریزی اولیه کف با ضخامت ۵ سانتیمتر، لوله های پلی اتیلن با قطر ۱۶ سانتیمتر با فواصل ۵۰-۴۰ سانتیمتر از یکدیگر در کف ساخته شده قرار می گیرند. روی لوله ها، اسپيگت با فاصله ۳۰-۲۵ سانتیمتر از یکدیگر برای خروج هوا نصب می شوند. قطر لوله های کف تونل ۲۰ سانتیمتر ، فواصل لوله ها از یکدیگر ۳۲ سانتیمتر و فواصل اسپيگت ها از یکدیگر ۱۰ سانتیمتر است. بتون ریزی کف پس از نصب الوار چوبی و شبکه میلگرد صورت می گیرد. ابعاد چوب نصب شده در امتداد اسپيگت ها که قبل از بتون ریزی به آن پیچ شدند دارای ابعاد (قاعده کوچک) ۳۰×۲۰ (ارتفاع)× ۲۵ (قاعده بزرگ) میلیمتر به شکل نیم دوزنقه می باشد. بهتر است سقف بونکرها برای جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب و همچنین ریزش باران و برف پوشیده باشد.



نمایی از بونکرها

۳-۱- تونل پاستوریزه بستر رویش قارچ دکمه ای:

پاستوریزه نمودن بستر رویش قارچ دکمه ای: ابعاد تونل های فاز II و III بسته به حجم بستر رویش قارچ دکمه ای متغیر است. عرض تونل های فاز II و III بین ۴ تا ۶ متر و طول آنها بین ۲۰ تا ۴۰ متر متغیر است. ارتفاع سقف بین ۴ و ۴/۵ متر از کف است. ظرفیت پر کردن تونل ها از ۸۰۰ کیلوگرم در مترمربع به ۱۵۰۰ کیلوگرم در مترمربع به دلیل ساختمان های مناسب و روش های کنترلی مدرن ارتقاء یافته است. تونل های فاز II و III با کف اسپيگت و یا با کف گرید ساخته می شوند. در روش کف اسپيگت ، قطر لوله های کف تونل ۲۰ سانتیمتر، فواصل آنها از یکدیگر ۳۲ سانتیمتر و فاصله اسپيگت ها از یکدیگر ۱۰ سانتیمتر است. در روش کف گرید، کف تونل با تیرچه های بتونی ساخته می شود که ۳۰٪ از مساحت کف تونل می باید مشبک باشد. کف تونل ها با هر نوع ساختاری باید عایق شوند.

دیوارهای تونل باید از جنس پانل های عایق (از جنس پلی اورتان) که دیواره داخلی آن روکش استینلس استیل است ساخته شوند. چنین ساختاری در برابر آمونیاک، حرارت و هوای مرطوب مقاومت بیشتری دارند. چنانچه دیوار تونل ها از بتون متخلخل ساخته شود باید با مواد مناسب عایق رطوبت شوند. ضخامت دیوارهای تونل از جنس ساندویچ پانل (پلی اورتان) ۱۰ سانتی متر و ضخامت دیواره سقف آن ۱۲ سانتی متر باشد. تونل های فاز II و III دارای یک در برای پر و تخلیه و یا ۲ در، در دو طرف می باشند. در تونل های یک در، هواسازها پشت دیوار عقب تونل در یک راهروی تأسیساتی نصب می شوند. تونل هایی که دارای ۲ در، در دو طرف می باشند (یک در به سالن بذر زنی و در دیگر جهت تخلیه تونل مورد استفاده قرار می گیرد)، هواسازها در این روش روی سقف قرار می گیرند. درها از ساختار ساندویچ پانل و از جنس استینلس استیل بوده و با نوار پلاستیکی به خوبی درزبندی می شوند که هیچ روزنه ای نداشته باشد. ظرفیت هواساز تونل های بستر رویش قارچ دکمه ای در فاز II و III ۲۰۰ مترمکعب در ساعت در هر تن بستر رویش قارچ دکمه ای است که فشار فن در کف گرید (۱۵۰ میلی متر آب یا ۱۵۰۰ پاسکال) و در کف اسپيگت (۴۰۰ میلی متر آب یا ۴۰۰۰ پاسکال) است.

پس از پر کردن تونل یا سالن پاستوریزه، بستر رویش قارچ دکمه ای، گرم و پاستوریزه می شود. نوسانات دما در این مرحله با کم و زیاد کردن دور فن های هوادهی تونل کنترل خواهد شد. گرم شدن بسترکشت از سه طریق انجام می شود: کم کردن دور فن هوادهی (به نحوی که اکسیژن کافی در داخل بستر رویش قارچ دکمه ای موجود باشد و از طریق سنسورها قابل اندازه گیری است)، کم کردن هوای تازه و افزودن بخار (این عمل بیشتر در زمستان انجام می شود). معمولاً در هر ساعت دما $1-1/5^{\circ}\text{C}$ افزایش می یابد. تا اینکه دما به $57-60^{\circ}\text{C}$ برسد. در دمای کمتر از 57°C عمل پاستوریزه به خوبی انجام نمی شود و تعدادی از میکروارگانیزم های غیر مفید باقی می مانند و در دمای بالاتر از 60°C میکروارگانیزم های مفید از بین می روند. بستر کشت در مرحله پاستوریزه ۱۰-۸ ساعت باقی می ماند و سپس وارد مرحله سرد شدن می شود که به ازاء هر ۶ ساعت، کمپوست به مقدار ۳ درجه خنک می شود تا دمای آن به 48°C برسد. یکی از عملیاتی که بایستی در مرحله پاستوریزه و قبل از هوادهی انجام شود اندازه گیری مقدار آمونیاک تولید شده است تا امکان کشت اسپان در بستر رویش قارچ دکمه ای وجود داشته باشد. قبل از مرحله کشت اسپان، عملیات کاندیشنینگ (آمونیاک گیری) است که مصرف آمونیاک توسط میکروارگانیزم ها و شیرین کردن بسترکشت انجام می شود. فاز II بستر رویش قارچ دکمه ای سازی، معمولاً ۵ تا ۶ روز طول می کشد و در پایان روز پنجم یا ششم باید دمای بسترکشت در تابستان حداکثر 20°C (حتی الامکان ۱۷ درجه) و در زمستان به 25°C رسیده باشد. در انتها پس از طی شدن ۷ روز، بسترکشت کاملاً شیرین شده و رگه های سفیدرنگی روی آن دیده می شود (شکل ۱۹). در این مرحله بسترکشت از تونل های پاستوریزه تخلیه شده و برای کاشت قارچ خوراکی و به عبارت دیگر کشت اسپان (بذر) قارچ خوراکی در آن آماده می گردد.

۳-۲- ویژگی های بستر رویش قارچ دکمه ای در انتهای فاز II (هنگام اضافه کردن اسپان (اصطلاحاً بذر) قارچ خوراکی)

وضعیت ظاهری: بستر رویش قارچ دکمه ای در انتهای فاز II ، باید از کلونی های سفیدرنگ ترموفیل (گرمادوست) پوشیده شده و بدون بوی آمونیاک باشد و با فشردن مقداری از آن در دست مشت شده، کف دست کمی، نمناک شود. سایر ویژگی های شیمیایی بستر رویش قارچ دکمه ای در انتهای فاز II ، باید طبق جدول ۲، باشد.

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی بستر رویش قارچ دکمه ای در انتهای فاز II

ردیف	ویژگی ها	حد ود قابل قبول
۱	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)	کمینه ۱۴:۱
۲	نیتروژن (درصد)	۱٫۸-۲٫۲
۳	رطوبت ^a (درصد)	۶۶-۷۲
۴	pH	۷٫۲-۷٫۸
۵	آمونیموم* براساس ماده خشک (درصد)	بیشینه ۰/۰۵
^a رطوبت بهینه ۶۸٪ می باشد، اما محدوده ۶۶-۷۲ قابل قبول است.		

به منظور اطمینان از مقدار مجاز آمونیوم موجود در بسترکشت فاز ۲، مقدار آمونیاک هوای تونل پاستوریزاسیون، با استفاده از درگر تیوپ اندازه گیری می شود. مقدار آمونیوم اندازه گیری شده در این مرحله نباید بیشتر از ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم، باشد.

۴- کاشت قارچ خوراکی

بستر کشت پاستوریزه شده به سه طریق با بذر یا اسپان قارچ دکمه ای، کشت می شود:

۴-۱- کاشت کیسه ای

بذر قارچ درون محفظه مخصوص بذر ریخته شده و در بستر رویش قارچ کشت می شود. سپس در کیسه های ۱۰-۱۲ کیلوگرمی، بسته بندی شده و به سالن های پرورش قارچ دکمه ای انتقال می یابد.

۴-۲- کاشت بصورت بلوک

در دستگاه کمپوست بلوک، بستر رویش قارچ از حالت متراکم و گلوله شده خارج شده و بذر یا اسپان قارچ خوراکی در حین حرکت بستر رویش در دستگاه بر مبنای مقداری که از قبل تنظیم شده است، از طریق محفظه ای قیف مانند در داخل بستر رویش قارچ دکمه ای کشت می شود. سپس به شکل بلوک هایی در اندازه ۲۰×۴۰×۶۰ cm پرس شده و با وزن حدود ۲۰ kg بسته بندی شده و به سالن های پرورش قارچ خوراکی ارسال می شود (شکل ۲۳-۲۰). مقدار رطوبت کمپوست در حین افزودن اسپان ۶۸-۷۰٪ است. در سالن کشت اسپان باید از تهویه مناسب استفاده شود.

۴-۳- روش کاشت فله ای

بعد از اتمام پروسه بستر رویش فاز ۲ ماشین تخلیه (وینچ) اقدام به تخلیه تونل می نماید. کامپوست بعد از تخلیه به کمک الواتر به ماشین پرکن تونل (فیلینگ کاست) حمل می گردد. ماشین بذر زن که روی ماشین پرکن تونل نصب است بذر کاری بستر رویش قارچ دکمه ای را انجام می دهد بعد از اتمام کشت شرایط تونل برای رشد رویشی قارچ خوراکی تنظیم می گردد.



شکل ۱۹- رگه های سفیدرنگی که در انتهای فاز ۲ بستر رویش قارچ دکمه ای سازی، روی بستر رویش دیده می شود و بستر رویش از تونل پاستوریزه تخلیه و به بخش بسته بندی منتقل می شود.



شکل ۲۰- بستر رویش قارچ دکمه ای پاستوریزه شده در حال انتقال به دستگاه کمپوست بلوک می باشد که در طی عبور از دستگاه ، اسپان قارچ در آن کشت شده و نهایتاً به صورت بلوک های پرس شده بسته بندی می شود.



شکل ۲۱- مخزن اسپان دستگاه بستر رویش قارچ دکمه ای بلوک، که اسپان از داخل آن به تدریج در داخل بستر رویش در حال کشت می باشد.



شکل ۲۲- نمایی از دستگاه کمپوست بلوک در حال بسته بندی نهایی بستر رویش قارچ دکمه ای



شکل ۲۳- انتقال بستر رویش قارچ دکمه ای به قسمت بارگیری و حمل به واحدهای پرورش قارچ خوراکی

۵- بستر رویش قارچ دکمه ای فاز III

بستر رویش قارچ دکمه ای فاز III یا بستر رویش قارچ دکمه ای اسپان ران شده به بستر رویش قارچ دکمه ای گفته می شود که مرحله رشد رویشی قارچ خوراکی در آن به پایان رسیده باشد و مشخصات آن در جدول زیر آمده است. دمای دوره اسپان که در تونل و یا سالن پرورش سپری می شود بین ۲۴ تا ۲۶ درجه سانتیگراد می باشد.

جدول ۳- ویژگی های شیمیایی بستر رویش قارچ دکمه ای فاز III

ردیف	ویژگی ها	حد ود قابل قبول
۱	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)	کمینه ۱۴:۱
۲	نیتروژن (درصد)	۱٫۹-۲٫۲
۳	رطوبت ^a (درصد)	۶۰-۶۳
۴	pH	۶٫۵-۷
۵	آمونیموم* براساس ماده خشک (درصد)	بیشینه ۰/۰۱
^a رطوبت بهینه ۶۲٪ می باشد، اما محدوده ۶۰-۶۳ قابل قبول است.		

۶ - ماشین آلات، تجهیزات و تأسیسات در واحدهای تولید بستر رویش قارچ دکمه ای قارچ

- دیگ بخار
- دیگ آبگرم: جهت تأمین آبگرم کوئیل های حرارتی وسایرمصارف
- لیفتراک و لودر
- هواسازهای کف هوادهی، بونکر و تونل.
- تسمه نقاله دستگاه پرکن تونل (روش گرید).
- پوشش کف تونل: از ماده سختی که بصورت مشبک برای تبادل هوا باشد و مقاوم در مقابل کشش توسط دستگاه وینچ باشد (روش گرید) و برزنت لغزنده کننده برزنت کف تونل (روش گرید).
- سیستم هوادهی تانک جمع آوری پسآب: سیستم هوادهی تانک جمع آوری پسآب
- دستگاه برگردان و مخلوط کننده بستر رویش قارچ دکمه ای فاز I : دستگاه برگردان و مخلوط کننده بستر رویش قارچ دکمه ای فاز I در مرحله قالب زدن
- دستگاه برگردان و مخلوط کننده بستر رویش قارچ دکمه ای: دستگاه برگردان و مخلوط کننده بستر رویش قارچ دکمه ای فاز I در مرحله قالب زدن
- دستگاه تخلیه کننده بستر رویش قارچ دکمه ای : دستگاه تخلیه کننده بستر رویش قارچ دکمه ای (روش گرید)
- دستگاه پرکننده بستر رویش قارچ دکمه ای فاز II (سیستم کیسه ای)
- دستگاه پرکننده بستر رویش قارچ دکمه ای فاز II (سیستم بلوک)
- پروب بستر رویش قارچ دکمه ای: که برای کنترل دمای بستر رویش قارچ دکمه ای در طول فاز I مورد استفاده قرار می گیرد .
- تونل پرکن (بستر رویش قارچ دکمه ای فازهای II و III)
- بونکر پرکن (بستر رویش قارچ دکمه ای فاز I)

۷- بسته بندی و حمل و نقل بستر رویش قارچ دکمه ای

بستر رویش قارچ دکمه ای قارچ خوراکی دکمه ای به صورت بسته بندی شده و یا فله با رعایت ضوابط بهداشتی قابل عرضه می باشد. موادی که برای بسته بندی بستر رویش قارچ دکمه ای به کار برده می شود، باید سالم و دارای منفذ باشد تا شرایط تهویه فراهم شود. جنس بسته ها می تواند از پلاستیک (پلی اتیلن، پلی استایرن) باشد. توصیه می شود، وزن خالص بسته ها از ۲۱ کیلوگرم، بیشتر نباشد. بستر رویش قارچ دکمه ای باید با وسایل نقلیه پوشش دار (مانند چادر و نایلون) و تمیز، حمل و نقل شود و در طول حمل، دمای آن از ۲۷ درجه سلسیوس بالاتر نرود. توصیه می شود در تابستان، با وسایل نقلیه سردخانه دار، در دمای کمتر از ۲۵ درجه سلسیوس، حمل شود.

منابع مورد استفاده:

- Oei, P., ۲۰۰۳. Mushroom cultivation. Backhuys Publishers, Netherland.
- D. M. Beyer, ۲۰۰۳. Basic Procedures for Agaricus Mushroom Growing. College of Agricultural Science, The Pennsylvania State University.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۵۹۷ تحت عنوان کمپوست پرورش قارچ خوراکی دکمه ای - ویژگی ها و روش های آزمون
- نشریه فنی اجرایی ۴۷۲ نظام گلخانه ای کشور. انتشارات معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.