# بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ده جدایه هموکاریون در قارچ خوراکی دکمه‌ای، *Agaricus bisporus*

مهشید خاتمی‌راد[1*]، محمد فارسی[2] و حمیدرضا پوریان‌فر[1]

تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۷

۱- گروه پژوهشی زیست فناوری قارچ‌های صنعتی جهاد دانشگاهی مشهد
۲- گروه زراعت واصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
*مسئول مکاتبه E-mail: mahshidkhatamirad @ gmail.com

## چکیده

چهل و پنج ترکیب حاصل از تلاقی ۱۰ جدایه هموکاریون در قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید در قالب طرح بلوک‌های تصادفی در ۲ تکرار جهت اندازه‌گیری صفاتی نظیر عملکرد، متوسط اندازه قطر کلاهک به ارتفاع پایه، تعداد میوه در هر تراز برداشت و وزن تک میوه، تحت آزمون میوه‌دهی قرار گرفت. اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای هر صفت بر مبنای روش ۴ گریفینگ محاسبه شد. نتایج نشان داد که میانگین مربعات اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. بدین ترتیب مشخص شد که عمل ژن در کنترل صفاتی همچون متوسط اندازه قطر کلاهک به ارتفاع پایه و وزن تک میوه به صورت افزایشی و غیرافزایشی بوده در حالی‌که در کنترل دو صفت تعداد میوه و عملکرد، صرفا ژن‌ها به صورت افزایشی عمل کرده‌اند. باتوجه به نقش اثرات افزایشی در کنترل صفات، جدایه‌های ۴۸-۱۳۰ و ۵۲-۱۳۰ به عنوان منبع مناسبی برای افزایش عملکرد و تعداد میوه و جدایه‌های ۱۷-۳۹۲ و ۱۵-۸۵ به ترتیب منبع مناسبی برای افزایش وزن تک‌میوه و افزایش متوسط نسبت اندازه قطر کلاهک به ارتفاع پایه تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: عمل ژن، قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، قارچ دکمه‌ای

# A study on General and Specific Combining Ability in Ten Homokaryotic Isolates of *Agaricus bisporus*

M Khatamirad[1*], M Farsi[2] and HR Pourianfar[1]

[1]Faculty Member of the Iranian Academic Center for Education, Culture and Research, Mashhad Branch, the Research Group of Industrial Fungi Biotechnology, Mashhad, Iran
[2]Department of Biotechnology and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
*Corresponding Author: E-mail: mahshidkhatamirad@gmail.com

## Abstract

Crosses among 10 homokaryotic isolates of *Agaricus bisporus* (parents) resulted in 45 offsprings. To measure some traits such as yield, ratio of cap length to stipe height, weight of single fruit body

and total number of fruit bodies, a fruiting test was performed in a randomized complete block design with two replications. General and Specific combining ability (GCA and SCA) effects were calculated for each trait, according to the Griffing's method 4. The results showed that both GCA and SCA were significant for all traits. While genes action in relation to the ratio of cap length to stipe height and weight of single fruit body was both additive and non-additive, it was only additive in other traits. In accordance with the role in which additive effects play in governing the traits, it was found that the isolates 130-48 and 130-52 could be appropriate sources for increasing yield and the total number of fruit bodies, while the isolates 130-52 and A15-5 could be applied in order to increase weight of single fruit body and ratio of cap length to stipe height, respectively.

**Keywords:** *Agaricus bisporus*, Gene action, Specific and general combining ability

مقدمه

قارچ خوراکی دکمه‌ای، *Agaricus bisporus*، رایج‌ترین قارچ زراعی است که در سراسر جهان کشت می‌شود و در حال حاضر، ۳۸ درصد کل تولید قارچ‌های خوراکی دنیا را به خود اختصاص داده است (مکاتبات شخصی با انجمن بین‌المللی دانش قارچ خوراکی۱۳۸۳)[1]. طبق آمار موجود هر سال بیش از دو میلیون تن قارچ تازه فقط از نوع دکمه‌ای سفید در جهان تولید می‌شود. نزدیک به ۲۰ هزار تن از این مقدار در ایران تولید می‌شود (مکاتبات شخصی با اتحادیه صنفی تولیدکنندگان قارچ ۱۳۸۳).

اساسا اصلاح این قارچ با استفاده از بهبود ژنتیکی درون‌نژادی و برون‌نژادی صورت می‌گیرد. بکارگیری اصلاح درون‌نژادی تنها هنگامی که هدف، تجدید حیات یک نژاد و حفظ و ایجاد بازترکیب‌های درون آن نژاد می‌باشد، سودمند است و بازده آن در بهبود ژنتیکی اندک و محدود می‌باشد. لذا برای رسیدن به یک نژاد یا نژادهایی با شاخص‌های ژنتیکی مطلوب و در نهایت عملکرد بالا، باید از روش‌های اصلاح برون‌نژادی یا دو رگگیری استفاده کرد. از این‌رو یکی از راه‌های اساسی اصلاحی در قارچ دکمه‌ای سفید، بدست آوردن هموکاریون‌ها، تلاقی آنها و سپس گزینش و انتخاب نتاج تلاقی بر طبق یک برنامه اصلاحی و بر اساس یکسری شاخص‌ها می‌باشد. در این روش صفات مطلوب نژادهای متفاوت در یک نژاد گرد هم می‌آیند. این روش در واقع از دهه ۱۹۸۰ رایج شده است (مهتا و بهاندال ۱۹۹۳). اولین دو رگ‌های تجاری موفقیت‌آمیز، نژادهای U1 و U3 بودند که در سال ۱۹۷۸ شناسایی و معرفی شدند. آزادسازی این دو نژاد نقطه عطفی در تاریخ اصلاح این قارچ می‌باشد (فریش ۱۹۸۱). از سال ۱۹۸۸ با تاسیس مرکز "برنامه منبع آگاریکوس"[2] در آمریکا تلاش‌های وسیعی به‌منظور یافتن ژرم پلاسم جدید آغاز شده است. بی‌شک مهمترین کمکی که این برنامه به پیشرفت اصلاح نژاد در قارچ *A. bisporus* نموده است، کشف نژادهای ۴ اسپوره با بیش از ۹۰٪ بازیدیوسپورهای هموکاریوتیک است که اصلاح کنندگان را قادر می‌سازد با سرعت بیشتری به جداسازی هموکاریون‌ها اقدام کنند (لونتوس و همکاران ۱۹۹۵ و سونتبرگ ۲۰۰۰).

[1] ISMS (http://www.isms.biz)

[2] *Agaricus* Resource Program

همچنین طی دو دهه اخیر در کشورهای توسعه‌یافته، روش‌های سریع و دقیق از جمله استفاده از نشانگرهای غذایی، بیوشیمیایی و مولکولی برای جداسازی و تائید هموکاریون‌ها جهت تولید دورگ ابداع شده است (خوش و همکاران ۱۹۹۲ و هورگن و آندرسون ۱۹۹۲).

در ایران، از سال ۱۳۷۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، تلاش‌هایی برای انجام برنامه‌های به‌نژادی در این قارچ آغاز شده است. نخستین فرایند اصلاحی در سال ۱۳۷۹ با بهینه سازی شرایط کشت تک‌اسپور این قارچ آغاز گردید (فارسی و گردان ۱۳۸۱). به دنبال آن در سال ۱۳۸۲ با استفاده از نشانگرهای مولکولی RAPD گام‌های مهمی در جهت تسریع شناسایی هموکاریون‌ها و دو رگ‌های حاصل از تلاقی آن‌ها برداشته شد (شیبایی ۱۳۸۲ و کاووسی ۱۳۸۲).

در این پژوهش، از روش اصلاحی برون نژادی به صورت دای‌آلل (گریفینگ ۱۹۵۶) استفاده شد. به کمک نتایج حاصل از تجزیه دای‌آلل، قابلیت‌های ترکیب خصوصی و عمومی اندازه‌گیری شد و سپس با تعیین نسبت آن‌ها، اهمیت هر یک از اثرات افزایشی و غالبیت در کنترل صفات کمی تعیین گردید. همچنین بهترین دو رگ‌ها و برترین جدایه‌های آمیزشی که در اکثر صفات اصلاحی، قابلیت ترکیب‌پذیری بالایی داشتند، شناسایی گردیده و جهت تسریع برنامه‌های اصلاحی بعدی معرفی شدند.

## مواد و روش‌ها

نژاد: در این آزمایش نژادهای مورد استفاده عبارت بودند از: ام‌سی ۳۷۸ و ام‌سی ۳۹۲ که از نژادهای هیبرید کرم یو۱ بودند و از آزمایشگاه قارچ‌های خوراکی دانشگاه ایالتی پنسیلوانیای آمریکا دریافت شدند (فارسی و گردان ۱۳۸۱). نژادهای A۱۵ و ۱۲۰ از نژادهای مورد استفاده در صنایع قارچ داخلی هستند. برای انجام تلاقی از ۱۰ جدایه هموکاریون ٤ نژاد مذکور که هموکاریون بودن آن‌ها در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، بوسیله نشانگر مولکولی RAPD، مورد تائید قرار گرفته بود (فارسی و همکاران ۱۳۸۲) استفاده گردید.

محیط کشت: محیط کشت غذایی مورد استفاده عبارت بود از محیط کشت غذایی سیب‌زمینی- دکستروز- آگار (PDA)، که از حل شدن ۳۹ گرم از پودر تجاری آماده سیب‌زمینی دکستروز آگار در یک لیتر آب مقطر سترون و اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار Psi ۱۵ به مدت ۲۵ دقیقه بدست آمد.

کشت بافت: جهت کشت بافت، در زیر هود استریل، قطعه‌ای از پرکنه به قطر ۵ میلی‌متر از حاشیه کشت‌های مربوطه گرفته شد و به سطح محیط کشت منتقل گردید. کشت‌ها به مدت ۴ هفته در اتاقک رشد در دمای ۱±۲۳ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تلاقی: در مرحله بعد در بین جدایه‌های هموکاریون بازیافت شده، تلاقی به صورت دای‌الل انجام شد و تعداد حالات ممکنه بر اساس مدل گریفینگ [n(n-1)/2] به دست آمد (گریفینگ ۱۹۵٦). لذا با داشتن ۱۰ جدایه هموکاریون ٤۵ تلاقی صورت گرفت که نحوه انجام آن به این قرار بود: دو قطعه به قطر تقریبی ۵ میلی‌متر از حاشیه پرکنه کشت‌های موردنظر گرفته و به ظروف پتری هشت سانتی‌متری حاوی محیط کشت غذایی PDA منتقل شدند. فاصله این دو قطعه از هم حدود یک سانتی متر در نظر گرفته شد. جهت فراهم آمدن شرایط انجام تلاقی در بین جدایه‌های هموکاریون، ظروف پتری در اتاقک رشد در دمای ۱±۲۳ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. پس از این که هیف دو جدایه کاملا به همدیگر نزدیک شده و ناحیه اتصالی ایجاد کردند (شکل ۱)، سه وا کشت از این ناحیه انتخاب شده و به محیط کشت جدیدی منتقل و در یک ردیف با فواصل مساوی از هم قرار داده شدند. سپس یک وا کشت از هر کدام از دو جدایه مورد تلاقی (از حاشیه پرکنه دو جدایه

هموکاریون در خارج از ناحیه تلاقی) گرفته شده و عمود بر ردیف سه زیر کشت قبلی در محیط کشت قرار داده شدند (شکل ۲). در مرحله بعد، یکی از سه پرگنه انتخاب شده از ناحیه تلاقی که بطور محسوسی رشد رشته‌ای و سریعتری نسبت به دو پرگنه دیگر و همچنین نسبت به دو پرگنه انتخاب شده از دو جدایه هموکاریون داشتند (شکل ۲)، انتخاب شده و از هیف‌های سالم و دارای رشد طبیعی انتهای پرگنه آن، نمونه‌برداری انجام شد و به ظرف پتری هشت سانتی‌متری حاوی محیط کشت تازه PDA منتقل گردید. از این نمونه، جهت افزایش احتمال اتصال هیفی و حصول هیبرید، تا دو مرتبه دیگر واکشت انجام شد. واکشت‌های نهایی به اتاقک رشد با دمای ۱±۲۳ منتقل شدند.

شکل۱- سازگاری و واکنش هنگام تلاقی دو هیف هموکاریون ۱۷-۳۹۲ و ۵۳-۳۷۸

شکل۲- تفاوت میزان رشد میسلیوم هیبرید حاصل از تلاقی دو هیف هموکاریون ۱۷-۳۹۲ و ۵۳-۳۷۸ نسبت به میزان رشد میسلیوم دو والد

تهیه اسپاون: از واکشت‌های نهایی طبق روش‌های قبلی، اسپاون تهیه گردید (فارسی و گزدان ۱۳۸۱). در نهایت اسپاون‌های آماده شده وارد آزمون میوه‌دهی شدند.

آزمون میوه‌دهی: جهت تهیه بستر کشت و پاستوریزاسیون از روش متداول قبلی استفاده گردید (گردان ۱۳۷۹). در مرحله مایه‌زنی ۳ کیلوگرم از بستر آماده با ۱۵۰ گرم اسپاون مخلوط شد و به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر درون کیسه‌های پلاستیکی ۵ کیلوگرمی سفید رنگ منتقل گردید. برای رشد اسپاون و توسعه هرچه سریعتر شبکه میسیلیومی قارچ درون بستر کشت، دمای اتاق کشت به ۱±۲۳ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۰ درصد رسانده شد. پس از این که ۷۰ درصد بستر کشت توسط میسلیوم پوشانده شد، خاک‌دهی انجام شد. سپس جهت ورود به مرحله زایشی و تشکیل اجسام تکمه‌ای، هوادهی و افت سریع دما تا ۱۵ درجه سانتیگراد انجام گردید. برداشت محصول به مدت ۴۵ روز در زمانی‌که کلاهک قارچ در حد مطلوب رشد کرده ولی باز نشده بود، صورت گرفت. طی این مرحله خصوصیاتی نظیر میزان عملکرد، متوسط اندازه قطر کلاهک به ارتفاع پایه، تعداد میوه در هر تراز برداشت و وزن تک میوه اندازه‌گیری شد. داده‌های بدست آمده مربوط به هر صفت بر اساس طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار بر اساس روش ۴ گریفینگ مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. بعد از انجام تجزیه واریانس مقدماتی با استفاده از نرم افزار دای‌آلل برای هر صفت، در صورت معنی‌دار شدن اختلافات ژنوتیپی، تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی بر اساس روش گریفینگ توسط نرم‌افزار دی الل انجام شد و مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی محاسبه گردید (گریفینگ ۱۹۵۶).

## نتایج و بحث

برای جدایه‌های هموکاریون مورد ارزیابی در این آزمایش یک شناسنامه اصلاحی تهیه شد که در جدول۱ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس اختلافات معنی‌داری بین جدایه‌های هیبرید مورد آزمایش از نظر صفات مورد بررسی نشان داد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تجزیه دی‌الل بر اساس مدل گریفینگ (۱۹۵۶) برای بررسی ماهیت ژنتیکی صفات و همچنین برآورد اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صورت گرفت. واریانس بین جدایه‌ها به اثرات مربوط به ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) تفکیک گردید. میانگین مربعات اثرات ترکیب‌پذیری عمومی برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار گردید. علاوه بر این واریانس اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی، نیز برای کلیه صفات معنی‌دار شد.

عملکرد: نتایج به‌دست آمده در مورد تخمین اثرات ترکیب‌پذیری‌عمومی عملکرد نشان داد که جدایه‌های ۴۸-۱۳۰ و ۵۲-۱۳۰ بیشترین اثر را در افزایش صفت و جدایه ۷-۱۳۰ بیشترین اثر را در کاهش آن دارد (جدول ۲).

مقادیر اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی نشان داد (جدول۳) که تلاقی ۵۲-۱۳۰ × ۴۸-۱۳۰ و ۵۲-۱۳۰ × ام‌سی۳۹۲-۱۸ به ترتیب بهترین ترکیب شونده‌ها برای افزایش و کاهش عملکرد می‌باشد. معنی‌دارشدن مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی و ترکیب‌پذیری عمومی حاکی از نقش توام اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفت می‌باشد. با وجود این معنی‌دار شدن نسبت GCA/SCA نشان داد که اثرات افزایشی سهم بیشتری در کنترل این صفت دارا می‌باشد.

جدول۱- شناسنامه اصلاحی هموکاریون های مورد ارزیابی

| شماره جدایه | نوع جدایه | مورفولوژی رشد در محیط کشت غذایی | میزان رشد در محیط کشت غذایی | مدت زمان پر کردن اسپاون (بر حسب روز) | سرعت رشد در کمپوست | عملکرد (گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۳۰-۵۲ | رشته ای | متوسط | ۳۰ | متوسط | شانزده |
| ۲ | ۱۳۰-۴۸ | بدون میسیلیوم هوایی | کند | ٤۰ | کند | صفر |
| ۳ | ۱۳۰-۴۲ | رشته‌ای | متوسط | ۳۲ | متوسط | پانزده |
| ٤ | ۱۳۰-۷ | بدون میسیلیوم هوایی | کند | ٤۰ | کند | شش |
| ٥ | ام سی ۳۷۸-۵۳ | بدون میسیلیوم هوایی | کند | ٤۱ | بسیار کند | صفر |
| ٦ | ام سی ۳۷۸-۵۹ | بدون میسیلیوم هوایی | کند | ٤۰ | بسیار کند | صفر |
| ۷ | ام سی ۳۷۸-۶۰ | بدون میسیلیوم هوایی | کند | ٤۳ | بسیار کند | صفر |
| ۸ | ام سی۳۹۲-۱۷ | بدون میسیلیوم هوایی | بسیار کند | ٤۹ | بسیار کند | صفر |
| ۹ | ام سی۳۹۲-۱۸ | بدون میسیلیوم هوایی | بسیار کند | ٤۷ | بسیار کند | صفر |
| ۱۰ | آ ۱۵-۵ | بدون میسیلیوم هوایی | بسیار کند | ٤٥ | بسیار کند | صفر |

جدول ۲- مقادیر ترکیب پذیری عمومی (GCA) والدین در دو رگ‌های مورد بررسی قارچ *Agaricus bisporus* برای صفات مورد مطالعه

| | GCA | | | |
|---|---|---|---|---|
| والد | نسبت قطر کلاهک به طول پایه | وزن تک‌میوه | تعداد میوه | عملکرد |
| ۱۳۰-۵۲ | -۰/۰۱* | -۱/۳۸ | ۰/۱۳ | ۱۵۰/۳۳ |
| ۱۳۰-۴۸ | -۰/۰۱ | -۱/۳۰ | ۰/۱۴ | ۱۶۴/۶۱ |
| ۱۳۰-۴۲ | -۰/۰۰ | ۰/۵۳ | ۰/۰۴ | ۶۴/۶۳ |
| ۱۳۰-۷ | -۰/۰۰ | ۰/۴۵ | -۰/۱۱ | -۱۵۰/۲۶ |
| ۳۷۸-۵۹ | ۰/۰۰ | -۰/۴۰ | -۰/۰۶ | -۹۲/۱۴ |
| ۳۷۸-۵۳ | ۰/۰۱ | ۰/۵۰ | ۰/۰۰ | ۳۹/۳۰ |
| ۳۷۸-۶۰ | -۰/۰۲ | ۰/۸۶ | -۰/۱۰ | --۱۱۷/۴۴ |
| ۳۹۲-۱۷ | ۰/۰۱ | ۱/۹۱ | ۰/۰۱ | ۴۱/۷۱ |
| ۳۹۲-۱۸ | -۰/۰۰ | -۰/۳۹ | -۰/۰۶ | -۷۸/۹۴ |
| A15-5 | ۰/۰۲ | ۰/۱۳ | -۰/۰۱ | -۲۱/۷۹ |

+ اعداد منفی مربوط به هر صفت نشان می‌دهد که جدایه مربوطه، میانگین صفت را در جامعه پایین می‌آورد

جدول ۳- مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) جدایه‌های مورد بررسی قارچ *Agaricus bisporus* در صفات مورد مطالعه

| شماره تلاقی | شماره والدین (ایزوله‌ها) شرکت کننده در هر تلاقی | | SCA | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | عملکرد | تعداد میوه | وزن تک‌میوه | نسبت قطرکلاهک به طول پایه |
| ۱ | ۱* | ۲ | ۳۸۷/۴۰** | ۰/۲۴ | -۲/۴۰ | ۰/۰۲ |
| ۲ | ۱ | ۳ | -۱۱۶/۳۰ | -۰/۱۶ | ۴/۳۰ | ۰/۰۲ |
| ۳ | ۱ | ۴ | ۱۷۶/۶۸ | ۰/۱۶ | -۰/۳۲ | ۰/۰۵ |
| ۴ | ۱ | ۵ | ۲۳/۷۲ | -۰/۰۰ | ۳/۰۰ | ۰/۰۴ |
| ۵ | ۱ | ۶ | ۳۵۲/۷۶ | -۰/۰۰ | ۳/۷۳ | ۰/۰۳ |
| ۶ | ۱ | ۷ | -۴۷/۴۶ | ۰/۰۲ | -۱/۷۰ | ۰/۰۱ |
| ۷ | ۱ | ۸ | -۲۵۳/۹۱ | -۰/۰۹ | -۳/۹۵ | -۰/۰۸ |
| ۸ | ۱ | ۹ | -۳۴۸/۲۶ | -۰/۲۵ | -۰/۶۱ | -۰/۰۶ |
| ۹ | ۱ | ۱۰ | ۲۵/۳۶ | ۰/۰۸ | -۲/۰۹ | -۰/۰۲ |
| ۱۰ | ۲ | ۳ | -۱۶۳/۶۷ | -۰/۱۷ | ۳/۱۷ | ۰/۰۱ |
| ۱۱ | ۲ | ۴ | ۲۶/۸۱ | -۰/۰۲ | ۴/۰۰ | ۰/۰۱ |
| ۱۲ | ۲ | ۵ | ۱۸/۸۲ | ۰/۰۷ | -۱/۱۵ | -۰/۰۳ |
| ۱۳ | ۲ | ۶ | -۱۳۷/۹۴ | -۰/۰۳ | -۱/۳۴ | -۰/۰۶ |
| ۱۴ | ۲ | ۷ | -۲۶۶/۱۰ | -۰/۱۷ | -۱/۹۲ | -۰/۰۴ |
| ۱۵ | ۲ | ۸ | -۱۶۸/۰۹ | -۰/۱۱ | -۰/۵۷ | ۰/۰۱ |
| ۱۶ | ۲ | ۹ | ۷۲/۳۲ | ۰/۰۶ | ۰/۶۶ | ۰/۰۱ |
| ۱۷ | ۲ | ۱۰ | ۲۳۱/۳۲ | ۰/۱۲ | -۰/۴۸ | ۰/۰۶ |
| ۱۸ | ۳ | ۴ | ۶/۸۴ | -۰/۰۶ | ۷/۳۷ | -۰/۰۱ |
| ۱۹ | ۳ | ۵ | -۲۹۱/۰۵ | -۰/۱۵ | -۶/۸۲ | -۰/۰۰ |
| ۲۰ | ۳ | ۶ | ۱۲۷/۵۰ | ۰/۱۳ | -۲/۱۵ | -۰/۰۲ |
| ۲۱ | ۳ | ۷ | -۷/۹۰ | ۰/۰۳ | -۱/۲۰ | ۰/۰۰ |
| ۲۲ | ۳ | ۸ | ۰/۵۷ | -۰/۰۲ | ۰/۲۸ | ۰/۰۰ |
| ۲۳ | ۳ | ۹ | ۳۷/۶۸ | ۰/۱۹ | -۰/۹۴ | -۰/۰۱ |
| ۲۴ | ۳ | ۱۰ | ۲۰۶/۳۴ | ۰/۲۲ | -۴/۰۱ | ۰/۰۰ |
| ۲۵ | ۴ | ۵ | -۱۹/۲۴ | -۰/۰۱ | ۰/۲۸ | -۰/۰۰ |
| ۲۶ | ۴ | ۶ | -۱۳۱/۶۱ | -۰/۰۶ | -۰/۵۲ | ۰/۰۰ |

| شماره تلاقی | شماره والدین (ایزوله‌ها) شرکت کننده در هر تلاقی | | SCA عملکرد | تعداد میوه | وزن تک‌میوه | نسبت قطر کلاهک به طول پایه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۷ | ۴ | ۷ | -۱۱۲/۵۷ | -۰/۰۵ | -۹/۶۶ | -۰/۰۰ |
| ۲۸ | ۴ | ۸ | ۱۷۱/۰۱ | ۰/۱۰ | ۱/۷۳ | -۰/۰۰ |
| ۲۹ | ۴ | ۹ | -۱۰۰/۵۴ | -۰/۰۷ | -۱/۶۰ | ۰/۰۲ |
| ۳۰ | ۴ | ۱۰ | -۱۷/۴۰ | ۰/۰۲ | -۱/۲۹ | -۰/۰۶ |
| ۳۱ | ۵ | ۶ | ۱۱۳/۸۷ | ۰/۰۶ | ۲/۴۵ | -۰/۰۲ |
| ۳۲ | ۵ | ۷ | ۳۰۰/۹۵ | ۰/۱۸ | ۳/۰۰ | ۰/۰۱ |
| ۳۳ | ۵ | ۸ | ۱۲۱/۸۰ | ۰/۰۶ | ۱/۳۰ | -۰/۰۲ |
| ۳۴ | ۵ | ۹ | -۱۶۱/۴۰ | -۰/۰۸ | -۵/۲۷ | ۰/۰۳ |
| ۳۵ | ۵ | ۱۰ | -۱۰۷/۴۸ | -۰/۱۲ | ۳/۲۴ | ۰/۰۳ |
| ۳۶ | ۶ | ۷ | -۲۰۱/۶۲ | -۰/۱۳ | ۰/۲۰ | -۰/۰۰ |
| ۳۷ | ۶ | ۸ | ۳۳۴/۶۰ | ۰/۱۸ | -۱/۲۶ | ۰/۱۴ |
| ۳۸ | ۶ | ۹ | ۵۳/۳۸ | ۰/۰۵ | ۱/۹۵ | -۰/۰۰ |
| ۳۹ | ۶ | ۱۰ | -۳۱۰/۹۱ | -۰/۲۰ | -۳/۰۴ | -۰/۰۸ |
| ۴۰ | ۷ | ۸ | -۱۹۱/۸۰ | -۰/۱۳ | ۲/۳۱ | -۰/۰۵ |
| ۴۱ | ۷ | ۹ | ۲۷۴/۶۰ | ۰/۱۸ | ۲/۴۲ | ۰/۰۲ |
| ۴۲ | ۷ | ۱۰ | ۲۵۲/۷۶ | ۰/۰۷ | ۶/۵۳ | ۰/۰۴ |
| ۴۳ | ۸ | ۹ | ۱۱۹/۰۴ | ۰/۰۷ | ۱/۲۲ | -۰/۰۰ |
| ۴۴ | ۸ | ۱۰ | -۱۳۳/۲۱ | -۰/۰۸ | -۱/۰۳ | ۰/۰۱ |
| ۴۵ | ۹ | ۱۰ | -۱۴۶/۸۰ | -۰/۱۳ | ۲/۱۶ | ۰/۰۲ |

+ شماره والدین (ایزوله‌ها) شرکت کننده در تلاقی از ۱ تا ۱۰ به ترتیب مترادف هستند با:

۱=۱۳۰-۵۲، ۲=۱۳۰-۴۸، ۳=۱۳۰-۴۲، ۴=۱۳۰-۷، ۵=۳۷۸-۵۹

۶=۳۷۸-۵۳، ۷=۳۷۸-۶۰، ۸=۳۹۲-۱۷، ۹=۳۹۲-۱۸، ۱۰= A15-5

++ اعداد منفی حاکی از این است که تلاقی‌های موردنظر در رابطه با آن صفت، باعث کاهش میانگین صفت مربوطه در جامعه می‌گردد.

وزن تک‌میوه: در خصوص وزن تک‌میوه، تخمین اثرات ترکیب‌پذیری عمومی نشان داد که جدایه‌های ام‌سی ۱۷-۳۹۲ و ۵۲-۱۳۰ به ترتیب بیشترین سهم در افزایش و کاهش صفت را دارند (جدول ۲). از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی ۴۲-۱۳۰×۷-۱۳۰ بهترین ترکیب شونده برای افزایش صفت و تلاقی ۷-۱۳۰×۶۰-۳۷۸ ترکیب شونده نامناسبی برای افزایش صفت موردنظر هستند (جدول ۳). معنی‌دارشدن مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی و ترکیب‌پذیری‌عمومی حاکی از نقش توام اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفت می‌باشد. اما معنی‌دار نشدن نسبت GCA/SCA نشان داد که اثرات غالبیت و اپیستازی سهم بیشتری در کنترل وزن تک میوه دارا می‌باشد.

تعداد میوه: نتایج مربوط به تخمین اثرات ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به تعداد میوه نشان می‌دهد (جدول ۲) که جدایه‌های ۴۸-۱۳۰ و ۵۲-۱۳۰ بیشترین سهم را در افزایش و جدایه ۷-۱۳۰ بیشترین سهم را در کاهش صفت دارند. از نظر اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های ۵۲-۱۳۰× ۴۸-۱۳۰ و A۱۵-۵ × ۴۲-۱۳۰ بهترین ترکیب برای افزایش صفت و تلاقی ۵۲-۱۳۰ × ام‌سی ۱۸-۳۹۲ بهترین ترکیب برای کاهش صفت مورد نظر می‌باشد (جدول ۳). در ارتباط با تعداد میوه، معنی‌دارشدن مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی و ترکیب‌پذیری عمومی حاکی از نقش توام اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفت می‌باشد. با وجود این معنی‌دار شدن نسبت GCA/SCA نشان داد که اثرات افزایشی سهم بیشتری در کنترل تعداد میوه دارا می‌باشند.

نسبت قطر کلاهک به طول پایه- در ارتباط با نسبت قطر کلاهک به طول پایه که یکی از معیارهای کیفیت قارچ برداشتی است، نتایج نشان می‌دهد که این نسبت در هیبرید حاصل از تلاقی ۵۳-۳۷۸ و۱۷-۳۹۲ بیشترین مقدار و در هیبریدهای ام سی ۱۷-۳۹۲×۵۲-۱۳۰و ۵-A۱۵ × ۵۳-۳۷۸ از کمترین مقدار برخوردار است (جدول ۳). تخمین اثرات ترکیب‌پذیری عمومی برای این نسبت نشان داد که جدایه ۵-A۱۵ و ۶۰-۳۷۸ به ترتیب بیشترین سهم را در افزایش و کاهش صفت دارند (جدول ۲). معنی‌دار شدن مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی و ترکیب‌پذیری عمومی حاکی از نقش توام اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفت می‌باشد. با وجود این، محاسبه GCA/SCA و معنی‌دار نشدن آن نشان داد که اثرات افزایشی سهم کمتری در کنترل این صفت دارند و بیشترین سهم کنترل را اثرات غالبیت و اپیستازی ایفا می‌کنند.

با توجه به مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی، تلاقی جدایه‌های ۵۲-۱۳۰ × ۴۸-۱۳۰ به عنوان بهترین ترکیب در جهت افزایش عملکرد شناسایی می‌شود و می‌تواند به عنوان یک هیبرید امیدبخش برای ارزیابی بیشتر در مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، با توجه به میزان عملکرد تیمار شاهد هلند ۷۳۷، هیبریدهای حاصل از تلاقی‌های ۵۹- ۳۷۸ × ۶۰-۳۷۸، ۱۷- ۳۹۲ × ۵۳-۳۷۸ و ۵۳-۳۷۸ × ۵۲-۱۳۰ را نیز می‌توان به عنوان هیبریدهای برتر معرفی نمود. با در نظر گرفتن نتایج مربوط به مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی، جدایه‌های ۴۸-۱۳۰ و ۵۲-۱۳۰به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی به منظور افزایش عملکرد و تعداد میوه معرفی می‌گردد. همچنین نتایج نشان داد که تعداد میوه اهمیت نسبی بیشتری در افزایش عملکرد نسبت به بقیه صفات دارا می‌باشد.

در مجموع نظر به این‌که در تلاقی جدایه‌ها، دو هموکاریون سازگار و خود عقیم با هم تلاقی یافته و تولید یک هتروکاریون خودبارور می‌کنند و از آنجایی که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، ترکیب‌پذیری هموکاریون ها نسبت به هم متفاوت می باشد، با شناسایی هموکاریون-های دارای ترکیب پذیری بالا، ضمن فراهم آوردن امکان گزینش هدفمند والدین هموکاریونی و تولید هیبریدی با

عملکرد بالا، می‌توان مدت زمان گزینش را کاهش داده و بر کارایی گزینش افزود. این امر به نوبه خود، در اقتصادی‌تر نمودن و پیشرفت برنامه‌های اصلاحی و افزایش کارایی نژادهای دو رگ تولیدی موثر می‌باشد. از طرفی ایجاد تسهیلات جهت هدفمند شدن تلاقی‌ها، به‌میزان قابل‌توجهی، سبب صرفه‌جویی در هزینه و وقت می‌گردد.

با توجه به اینکه ژن‌های با عمل افزایشی از والدین به نتاج منتقل می‌گردند، گزینش برای اثرات افزایشی ژن به منظور گزینش ژنوتیپ‌های برتر، موفقیت‌آمیز خواهد بود. از طرفی، نتایج حاکی از آن است که اثرات ژنی غیر افزایشی یعنی غالبیت و اپیستازی بصورت توام با اثرات افزایشی، در کنترل تمامی صفات نقش دارند. نظر به این اکثر صفات بوسیله اثرات غیر افزایشی کنترل می‌شوند لذا گزینش برای این صفات بدون استفاده از اثرات غالبیت ژنی از کارائی بالایی برخوردار نخواهد شد. بنابراین تولید واریته های هیبرید با استفاده از پدیده هتروزیس توصیه می‌شود. نتایج بدست‌آمده با نتایج سینگ و همکاران در رابطه با نحوه کنترل این صفات هماهنگی دارد (سینگ و همکاران ۱۹۸٤).

انجام پژوهش‌های دیگر، جهت یافتن الگوهای نشانگری همبسته با صفت عملکرد (به‌عنوان مهمترین صفت اقتصادی) در والدین هموکاریون و تعیین فاصله ژنتیکی میان جدایه‌ها، جهت افزایش میزان هتروزیس توصیه می‌گردد. این امر سبب تسهیل هدفمند شدن برنامه اصلاحی و به دنبال آن صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌گردد.

سپاسگزاری

با توجه به فاصله زمانی بین ارسال اولین ویرایش مقاله و پذیرش آن، برخی از مطالب علمی مقاله بر اساس یکی از طرح‌های پژوهشی مورد حمایت گروه کشاورزی و منابع طبیعی جهاد دانشگاهی مشهد نگاشته شده است.

منابع مورد استفاده

شیبانی ن.،۱۳۸۲. تولید اسپاون هیبرید در قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید و تأیید آن با نشانگر مولکولی RAPD. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

فارسی م، کاوسی ح ر و گردان ح ر، ۱۳۸۲. بررسی قابلیت مارکرهای مورفولوژیکی در شناسایی ایزوله‌های هموکاریون قارچ دکمه‌ای سفید. صفحه‌های ٤٠٥ تا ٤٠٨. سومین همایش ملی بیوتکنولوژی جمهوری اسلامی ایران. ۲۰-۱۸ شهریور ماه ۱۳۸۲. مشهد مقدس.

فارسی م و گردان ح ر، ۱۳۸۱. تولید اسپاون هیبرید در قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید، *Agaricus bisporus* به منظور افزایش عملکرد. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱٦، شماره ۱. صفحه‌های ۱۲۵ تا ۱۳۳.

کاووسی ح، ۱۳۸۲. کاربرد مارکرهای مولکولی RAPD در شناسایی ایزوله‌های هموکاریون قارچ دکمه‌ای سفید، *Agaricus bisporus* پایان نامه کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

گردان ح ر، ۱۳۷۹. بررسی امکان تولید اسپاون هیبرید در قارچ خوراکی دکمه‌ای سفید، *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

Fritsche G, 1981. Some remarker on the breeding, maintenance of strain and spawn of *Agaricus bisporus* and *A. bitorquis*. Mush Science 11: 376-385.

Griffing BA, 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust J Biol Science 9: 463-443.

Horegn PA, and Anderson JB, 1992. Biotechnology and edible mushrooms. Pp. 447-462 In: Finkelestein D and Ball C (Eds). Biotechnology and Filamentous Fungi Butter Worth, Boston.

Khush RS, Becker E and Wach M, 1992. DNA amplification polymorphisms of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. Apple Environ Microbiol 58: (19) 2971-2977.

Loftus G, Lodder SC and Legy EJ, 1995. Molecular mushroom breeding. Pp: 3-9. In: Elliott TJ (Eds). Science and Cultivation of Edible Fungi. Balkama, Roterdam ISBN 9054105704.

Mehta KB and Bahandal MS, 1993. Genetic improvement in the white button mushroom *Agaricus bisporus*. Pp: 70-77. In: Nair MC *etal*. Advances in mushroom biotechnology. Scientifitic Publisher, Jodhpur, India.

Singh RP and Singh S, 1984. A study of interaction of additive, dominance and epistatic gene effects with micro and macro environment in two triple test crosses. J Agric Science 103: 53-61.

Sonnenberg ASM, 2000. Genetic and breeding of *Agaricus bisporus*. Pp: 25-38. In: Griensven V (Eds). Science and Cultivation of Edible Fungi. Balkema A A, Roterdam, the Netherland.