

## آنالیز دی آلل کراس برخی صفات تولیدمثلی در ماهیان زینتی (*Puntius tetrazona*)

- ❖ غلامرضا داشاب\*: استادیار ژنتیک و اصلاح دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
- ❖ حسین اکبری: دانشجوی کارشناسی ارشد ژنتیک و اصلاح دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
- ❖ سید ایمان فاضل: دانشجوی کارشناسی ارشد ژنتیک و اصلاح دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

### چکیده

از بهترین روش‌های به‌نژادی ماهیان جداسازی دودمان‌های خالص با توان تولید دورگه‌های پرمحصول است. در مطالعه حاضر تأثیرات هتروزیس، افت به واسطه همخونی، تأثیرات مادری، ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی صفات مربوط به تولیدمثل شامل تعداد تخم‌تولیدی، تعداد تخم‌هچ‌شده و درصد هچ‌نتاج خالص و دورگه‌های حاصل از تلاقی گونه‌تایگر و دوسویه آن یعنی گرین و آلبینو بارب در قالب طرح دی آلل کراس کامل بررسی شد. نتایج بیانگر منفی بودن میزان هتروزیس در هر سه صفت مذکور بود و هیچ‌کدام از دورگه‌ها نسبت به نتاج والدین خالص خود در صفات مورد بررسی برتری نشان ندادند. همچنین، نتایج نشان داد که بیشترین میزان افت به واسطه همخونی در بین تلاقی‌ها مربوط به صفت تولید تخم و کمترین میزان آن نیز مربوط به درصد هچ بود. این بررسی نشان می‌دهد زمانی که از سویه آلبینو به‌منزله لاین مادری استفاده شود، عملکرد دورگه‌های حاصل نسبت به سایر تلاقی‌ها بالاتر است و تأثیرات مادری مثبتی دارد. بنابراین، این سویه می‌تواند به‌منزله لاین مادری در تلاقی‌ها استفاده شود. مقایسه میزان ترکیب‌پذیری عمومی نشان‌دهنده برتری ژنتیکی افزایشی تایگر بارب نسبت به دو سویه دیگر در صفت تعداد تخم‌تولیدی است و بیانگر این نکته است که این سویه می‌تواند ارزش‌های اصلاحی (GCA) خود برای قدرت تخم‌ریزی را به نتاج خود منتقل کند. همچنین، بالاترین میزان ترکیب‌پذیری خاص که به منظور استفاده از حداکثر توان ژنتیک غیرافزایشی دورگه‌هاست برای صفات تعداد تخم‌تولیدی، تعداد تخم‌هچ‌شده و درصد هچ به ترتیب مربوط به دورگه‌های حاصل از تلاقی‌های تایگر نر با گرین ماده، تایگر نر با آلبینوی ماده و آلبینوی نر با گرین ماده است.

**واژگان کلیدی:** توانایی ترکیب خاص، توانایی ترکیب عمومی، دی آلل کراس، ماهی زینتی، هتروزیس.

## ۱. مقدمه

است و دلالت بر همه تلاقی‌های ممکن در میان مجموعه‌ای از حیوانات نر و ماده دارد (Rajender Parsad, 2000). همچنین، تلاقی دی‌آلل معمولاً به منظور بهبود رشد، افزایش عملکرد و مقاومت در برابر بیماری انجام می‌گیرد (Bakes and Gorda, 1995; Kwaye et al., 2008; Owolade et al., 2009; Wolters and Johnson, 1995). Hayman نیز دی‌آلل کراس را به منزله دسته‌ای از همه تلاقی‌های ممکن بین ژنوتیپ‌ها تعریف کرد که ممکن است افراد، کلون‌ها، لاین‌های هموزیگوت و غیره باشند. طرح دی‌آلل به منظور استفاده از توان ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی لاین‌ها با عنوان: ۱- توانایی ترکیب عمومی (GCA) ۱ و ۲- توانایی ترکیب خاص (SCA) ۲ است. GCA یک لاین همخون و متوسط عملکرد دورگه‌هاست، که این لاین و لاین‌های دیگر انتخاب شده از یک جمعیت را با جفت‌گیری‌های تصادفی تولید می‌کنند و توانایی ترکیب خاص نیز اشاره به یک جفت از لاین‌های همخون درگیر در یک تلاقی دارد (Rajender Parsad, 2000).

به طور کلی، روش‌های دورگه‌گیری به طور گسترده‌ای برای افزایش بهره‌وری گونه‌های تجاری استفاده می‌شود و مطالعات نشان داده است که دورگه‌های حاصل از تلاقی گونه‌های تجاری حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد عملکرد بالاتری از لاین‌های خالص دارند (Bakes and Gorda, 1995; Vandeputte et al., 2002; Nielsena et al., 2010). مزیت اصلی سیستم‌های دورگه‌گیری ایجاد هتروزیس در دورگه‌هاست. مطالعات هتروزیس می‌تواند پایه‌ای

در دنیا صدها گونه ماهیان زینتی وجود دارد و انسان توانسته از طریق تکثیر گزینشی و انتخاب ژنتیکی صدها نژاد دیگر نیز به وجود آورد. در طبیعت گونه‌های زیادی وجود دارند که از نظر فرم و رنگ چندان زیبا نیستند، ولی انسان از طریق گزینش توانسته است انواع نژادهای زیبایی از آنها تولید کند (Changizi et al., 2008).

ماهیان زینتی به دو گروه ماهیان زینتی آب شیرین و آب شور تقسیم می‌شوند. در مورد ماهیان آکواریومی، نگهداری ماهیان آب شیرین نسبت به ماهیان آب شور تا اندازه‌ای آسان‌تر است، زیرا شرایط لازم برای ماهیان آب شور بسیار حساس است. ماهیان زینتی آب شیرین از نظر تکثیر به دو گروه تخم‌گذار و زنده‌زا تقسیم می‌شوند (Emadi, 1982). ماهیان بارب از جمله ماهیان زینتی تخم‌گذار و متعلق به خانواده کپورماهیان آب گرم‌اند. گونه‌های مختلفی از آنها در آکواریوم‌های آب شیرین نگهداری می‌شوند. بارب‌ها عموماً به صورت دسته‌جمعی و در دسته‌های ۵ تا ۸ تایی نگهداری می‌شوند. به طور عمومی ۵ تا ۳۵ سانتی‌متر رشد و به طور میانگین ۶ تا ۸ سال نیز عمر می‌کنند. از آنجا که رنگ بارب‌ها برای آکواریوم‌داران بسیار مهم است، تعداد زیادی دورگه به منظور بهبود رنگ تولید شده است. نمونه‌هایی از سویه‌های تکثیر یافته از تایگر بارب شامل آلبینو تایگر بارب، تایگر بارب سبز و تایگر بارب طلایی‌اند (Aquaticcommunity, 2013).

تلاقی دی‌آلل کراس روشی برای تولید نتاج دورگه از نسل خالص است. اصطلاح دی‌آلل یونانی

1. Genetic Combining Ability  
2. Specific Combining Ability

از نظر توان ترکیب عمومی وجود دارد، اما میزان هتروزیس برای رشد و بقا بین آن‌ها پایین گزارش شد (Gjerde and Refstie, 1984). بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان هتروزیس، تأثیرات مادری، توانایی ترکیب عمومی و اختصاصی صفات تولیدمثلی نتاج دورگه حاصل از تلاقی سه سویه تایگر، گرین و آلینو بارب در قالب طرح دی‌آلل کراس کامل است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. جمعیت مورد مطالعه

در تحقیق حاضر سه سویه ماهیان بارب شامل گرین بارب، تایگر بارب و بارب آلینو از مراکز تکثیر ماهیان زینتی محلی شهرستان مشهد با تعداد مناسب تهیه و با نسبت مشخص جنسیتی (سه نر و دو ماده) تلاقی و تکثیر شدند. خالص‌سازی طی دو نسل صورت گرفت سپس، ماهیان نسل دوم مطابق جدول ۱ در قالب طرح دی‌آلل کراس کامل تلاقی یافتند و از هر کدام از تلاقی‌ها به صورت تصادفی تعداد ۴۰ نتاج به‌منزله نمونه انتخاب و صفات مورد مطالعه درباره آن‌ها اندازه‌گیری شدند.

### ۲.۲. شرایط پرورش

در ابتدا سالنی برای آزمایش به ابعاد  $۳ \times ۲/۴۰ \times ۲/۳۰$  (طول  $\times$  عرض  $\times$  ارتفاع) انتخاب شد. سپس، از ۱۰ آکواریوم به طول ۵۰ و عرض ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و با گنجایش ۵۰ لیتر استفاده شد، که ۹ عدد برای انجام تلاقی‌ها و ۱ عدد هم برای قرنطینه بود. پمپ هوا با توان ۴۵ وات و ۶ خروجی به کار رفت که عمل هوادهی به آکواریوم‌ها به وسیله آن

برای بهره‌برداری از ترکیبات باارزش دورگه فراهم کند. در همین حال، توانایی ترکیب می‌تواند روشی برای شناسایی ژرم پلاسم ارائه دهد و می‌تواند همراه با تجزیه و تحلیل هتروزیس برای تعیین سودمندی گونه‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده شود (Shengyan et al., 2013).

مطالعات محدودی به منظور استفاده از توان ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی ژن‌های مختلف کنترل‌کننده صفات اقتصادی و تجاری در نژادهای مختلف ماهی با استفاده از طرح دی‌آلل کراس در سراسر دنیا انجام گرفته است. Nguyen et al. (2009) با استفاده از طرح دی‌آلل کراس کامل خصوصیات ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی، شامل میزان هتروزیس، تأثیرات ژنتیکی توان ترکیب عمومی و اختصاصی چهار سویه تیلایپای قرمز<sup>۱</sup> را با استفاده از ۱۲۸۰ رکورد جمع‌آوری‌شده در دو محیط آزمایشی بررسی کردند. نتایج نشان داد که توان ترکیب عمومی در سویه مالزی بالاترین و در سویه استرلینگ پایین‌ترین است. همچنین، میزان هتروزیس متوسط وزن بدن در همه محیط‌های آزمایش کم برآورد شد (۲/۴٪) و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین سویه‌های خالص مشاهده نشد. در همه محیط‌ها سویه مالزی<sup>۲</sup> بالاترین رتبه و در مقابل سویه استرلینگ<sup>۳</sup> پایین‌ترین رتبه را در تأثیرات متقابل داشت. در مطالعه دیگری با طرح دی‌آلل کامل بین پنج سویه قزل‌آلای رنگین‌کمان رودخانه‌ای نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین سویه‌های مختلف

1. Oreochromis SPP
2. Malaysian strain
3. Stirling strain

آزمایش ۲۹ درجه سانتی گراد و pH آب ۶/۹ حفظ شد. نخست، با استفاده از دستگاه pH متر میزان آن اندازه گیری شد؛ اگر میزان pH بالا باشد، با استفاده از دستگاه پالاینده آب (دستگاهی که آب را سبک می کند) سختی آن به نزدیک صفر رسانده می شود؛ بدین ترتیب pH آب در حد نرمال رسانده شد و اگر pH آب بالا باشد، به ازای هر ۴۰ لیتر آب یک کیلوگرم مرجان خرد شده در داخل توری در زیر بستر قرار می گیرد تا pH آب به محدوده مورد نظر برسد.

### ۳.۲. صفات مورد مطالعه

در این بررسی صفات مربوط به تولیدمثل شامل تعداد تخمک آزاد شده در هر دوره تخم ریزی، تعداد تخم های هچ شده همچنین، درصد هچ در چهار دوره تخم ریزی چهار ماهه در هر تلاقی ارزیابی و تجزیه و تحلیل ژنتیکی شد.

### ۴.۲. تجزیه و تحلیل آماری

جدول تلاقی سه سویه از ماهیان زینتی در طرح دی آلل کراس کامل به شرح ذیل است:

جدول ۱. دی آلل کراس کامل بین سه جنس ماهی بارب با نسبت جنسیتی سه نر و دو ماده

تلاقی	نر		
	T	G	A
T	TT	GT	AT
G	TC	GG	AG
A	TA	GA	AA

T: تایگر بارب، G: گرین بارب، A: آلبینو بارب

توانایی ترکیب عمومی، که برآیند ارزش ژنتیکی

انجام گرفت. از یک دماسنج برای نشان دادن دمای محیط و تعداد ۱۰ عدد هم برای نشان دادن دمای آب استفاده شد. برای تصفیه آب از فیلتر بیوشیمی (برای هر آکواریوم ۱ عدد) بهره گرفته شد و هر روز مقدار ۲۵ درصد از آب آکواریوم ها با آب تازه و همدمای تعویض شد. ماهی ها طی دوره آزمایش با آرتیمیای زنده، کرم خونی منجمد و بیومار فرانسه (کنسانتره گرانوله سرشار از پروتئین است و در هم سایز کردن ماهی ها بسیار مؤثر است) تغذیه شدند و داروهای مورد استفاده متیلن بلو (برای درمان انگل های خارجی، مقدار ۳ میلی گرم در لیتر در هر بار تعویض آب آکواریوم)، کپسول تتراسایکلین (به صورت حمام دارویی به مقدار یک کپسول در یک لیتر آب و به مدت ۵-۷ دقیقه) و داروی ضد قارچ (در هنگام ابتلا به بیماری قارچی از داروی مالاشیت گرین (Malachite green) به مقدار یک قطره به ازای هر ۴ لیتر آب در یک دوره درمانی ۱۴ روزه) بود. پس از پر شدن آکواریوم ها با آب تازه شهری و انجام عمل کلرزدایی و ایجاد دمای ۲۹ درجه سانتی گراد در همه آن ها ماهی ها با نسبت جنسی سه نر و دو ماده به آکواریوم ها انتقال داده شدند. ضمناً در هر آکواریوم از شیشه جداکننده در وسط به مدت ۷ روز قبل از جفت گیری (به منظور ایجاد علاقه و انگیزه بین دو جنسیت نر و ماده) استفاده شد. ماهی ها روزانه در ۳ وعده طی ساعات ۷، ۱۳ و ۲۰ غذادهی می شدند. طول مدت روشنایی ۱۴ و تاریکی ۱۰ ساعت در نظر گرفته شد. از آن جا که ماهیان بارب تخم های خود را می خورند از توری مشبک برای جداسازی تخم ها از والدین استفاده شد. تمامی شرایط از نظر نگهداری، تعداد وعده و میزان غذادهی در تمامی آکواریوم ها کاملاً یکسان صورت پذیرفت. دمای آب طی مدت

$GCA_i$  توانایی ترکیب عمومی سویه  $i$ ؛  $Me_j$  تأثیرات مادری سویه  $j$  که به منزله لاین مادری استفاده شده است و  $SCA_{ij}$  توانایی ترکیب اختصاصی دورگه‌های حاصل از تلاقی دو سویه  $i$  و  $j$  است.

افت به واسطه همخونی با فرمول زیر محاسبه شد:

$$ID = \frac{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 X_{ij}}{n} - \bar{X}$$

$$i = j$$

در فرمول فوق  $ID$  درصد افت به واسطه همخونی و  $X_{ij}$  عملکرد نتاج حاصل از تلاقی دو سویه  $i$  و  $j$  است.

و نهایتاً میزان هتروزیس در نتاج دورگ از فرمول ذیل برآورد شد:

$$Heterosis = \frac{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 X_{ij}}{n} - \bar{X}$$

$$i \neq j$$

که در فرمول فوق  $X_{ij}$  عملکرد نتاج حاصل از تلاقی دو سویه  $i$  و  $j$  است. تمامی آنالیزهای ژنتیکی با نرم‌افزار SPAR3.0 (Sangeeta et al., 2012) انجام شدند.

### ۳. نتایج

مطالعه حاضر با هدف بررسی تفاوت خصوصیات تولیدمثلی نتاج حاصل از سویه‌های مختلف ماهیان بارب و دورگه‌های آن‌ها، در قالب طرح دی‌آلل کراس کامل، صورت پذیرفت. با توجه به این که تاکنون هیچ نوع مطالعه‌ای در خصوص صفات تولیدمثلی در بین سویه‌های مختلف ماهیان انجام

افزایشی هر سویه است، مطابق با فرمول ذیل محاسبه شد:

$$GCA_i = \frac{\sum X_{i.} + \sum X_{.j}}{2n-2} - \left(\frac{2n}{2n-2}\right)\bar{X}$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2, 3$$

$$i = j$$

در فرمول فوق  $GCA_i$  توانایی ترکیب عمومی سویه  $i$ ؛  $X_{i.}$  عملکرد نتاج مربوط به سویه  $i$  هنگامی که به منزله لاین پدری استفاده می‌شود؛  $X_{.j}$  عملکرد نتاج مربوط به سویه  $j$  هنگامی که به منزله لاین مادری استفاده می‌شود؛  $n$  تعداد سویه‌های مورد استفاده در تلاقی و  $\bar{X}$  میانگین عملکرد کل نتاج است.

تأثیرات مادری که بیانگر درجه شایستگی سویه‌های مختلف در نقش پایه مادری است از فرمول زیر محاسبه شد:

$$Me_i = \frac{\sum X_{i.} + \sum X_{.i}}{n}$$

که در فرمول فوق  $Me_i$  تأثیرات مادری سویه  $i$ ؛  $X_{i.}$  عملکرد نتاج مربوط به سویه  $i$  هنگامی که به منزله لاین پدری استفاده می‌شود؛  $X_{.i}$  عملکرد نتاج مربوط به سویه  $i$  هنگامی که به منزله لاین مادری استفاده می‌شود.

توانایی ترکیب اختصاصی دورگه‌ها از فرمول ذیل محاسبه شد:

$$AB_{ij} = \bar{X} + GCA_i + GCA_j + Me_j + SCA_{ij}$$

$$SCA_{ij} = AB_{ij} - (\bar{X} + GCA_i + GCA_j + Me_j)$$

که در فرمول فوق  $AB_{ij}$  توانایی تولید نتاج حاصل از تلاقی سویه  $i$  به منزله لاین پدری و سویه  $j$  به منزله لاین مادری؛  $GCA_i$  توانایی ترکیب عمومی سویه  $i$ ؛

با توجه به اين که تركيب پذيري عمومي از تاثيرات ژني به صورت افزايشي متأثر است و توارث اين نوع صفات قابل انتقال از نسلي به نسل ديگر است، بنابراین برای صفت تعداد تخم هچ شده سويه‌ای که دارای بیشترین توان تركيب عمومي است سبب توليد نتاجی می‌شود که تعداد تخم هچ شده بالاتری نسبت به ساير سويه‌ها دارند. درباره نتایج تجزیه تركيب پذيري عمومي GCA برای صفت درصد هچ به ترتیب گرین و آلبینو بیشترین و کمترین مقدار را نشان دادند که این امر حاکی از اهمیت واریانس ژنتیکی افزايشی در توارث این صفت در گرین است. توانایی تركيب خاص در تلاقی دی‌آلل را می‌توان برای شناخت والدین برتر از نظر قدرت ترکیبی آلل‌های متفاوت به کار برد (Townsend et al., 2013). میزان توانایی تركيب اختصاصی نتاج حاصل از تلاقی‌های مختلف در جدول ۲ آورده شده است. نتایج مربوط به تركيب پذيري اختصاصی (SCA) نشان داد که تلاقی بین تایگر نر و گرین ماده دارای بالاترین میزان تركيب پذيري اختصاصی برای صفت مربوط به تعداد تخمک توليدي است، که مرتبط با تاثيرات غیرافزايشی ژن‌ها از جمله غالبیت است. همچنین، پایین‌ترین مقدار آن در تلاقی بین آلبینوی نر و تایگر ماده مشاهده شد. بنابراین، در تلاقی آلبینوی نر و تایگر ماده تاثيرات غیرافزايشی ژن‌ها در کنترل تعداد تخمک توليدي نقشی ندارند. اطلاعات میزان توان ترکیبی اختصاصی نشان داد که نتاج حاصل از تلاقی‌های خالص تایگر، گرین و آلبینو به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار SCA را دارند. در بین تلاقی‌هایی که منجر به نتاج دورگه شده است بیشترین مقدار توانایی تركيب خاص مربوط به

نشده، بنابراین نتایج تحقیق حاضر با ساير صفات مورد مطالعه در طرح دی‌آلل کراس مقایسه و تحلیل شد.

نتایج چهار دوره تخم‌ریزی (جدول ۲) نشان داد زمانی که از سويه تایگر و گرین به منزله لاین مادری در تلاقی استفاده شد، میزان تاثيرات مادری برای هر سه صفت اندازه‌گیری شده (تعداد تخمک آزاد شده، تعداد تخم هچ شده و درصد هچ) منفی بود و این بیانگر این است که تایگر و گرین نمی‌توانند در نقش پایه مادری عملکرد خوبی در توليد نتاج دورگ داشته باشند، اما هنگامی که از سويه آلبینو در نقش پایه مادری استفاده شد میزان عملکرد در صفات مذکور مثبت برآورد شد.

نتایج مربوط به توان تركيب عمومي سويه‌های مختلف ماهیان زینتی در جدول ۲ ارائه شده است. در مطالعه حاضر نتایج تركيب پذيري عمومي (GCA) نشان داد که میزان تخم توليدي در تایگر بالاترین و در گرین پایین‌ترین مقدار است. با توجه به این که قدرت تركيب پذيري عمومي از تاثيرات افزايشی ژن‌ها متأثر است و تاثيرات غالبیت یا ناچیزند یا اصلاً وجود ندارند. بنابراین، با توجه به نتایج انتظار می‌رود که تایگر بارب با بالاترین میزان GCA بتواند قدرت تخم‌ریزی بالاتری را به نتاج خود منتقل کند. همچنین، نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که برای صفت تعداد تخم هچ شده نیز تایگر بالاترین و آلبینو پایین‌ترین توان تركيب عمومي را دارند. بنابراین، تایگر بارب به دلیل GCA مثبت می‌تواند در توليد نتاج هیبرید با عملکرد بالا در صفت تعداد تخم هچ شده از طریق روش‌های کلاسیک اصلاحی (طرح دی‌آلل کراس) استفاده شود.

دارای توانایی ترکیب خاص منفی بود. فاکتورهای محیطی همچون نور، دما و pH می‌تواند عامل تغییر در نحوه عمل ژن‌ها باشد، اما از آن‌جا که این آزمایش‌ها در شرایط محیطی یکسان و کنترل‌شده صورت پذیرفت بنابراین، این پدیده می‌تواند ناشی از اثر متقابل ژن‌های میزبان و تأثیرات غیرافزایشی و پدیده غالبیت باشد.

هیبرید حاصل از تایگر نر با آلبینوی ماده است. از آن‌جا که توانایی ترکیب خاص از تأثیرات غیرافزایشی ژن‌ها همچنین، تأثیرات غالبیت متأثر است، بنابراین می‌توان این چنین استنباط کرد که تایگر نر و آلبینوی ماده بیشترین توانایی را در انتقال ژن‌های مربوط به صفت تعداد تخم هیچ‌شده به نتاج خود دارند. تلاقی گرین بارب خالص با این که میزان SCA بالایی دارد، اما نتاج حاصل از تلاقی این سویه با سایر سویه‌ها

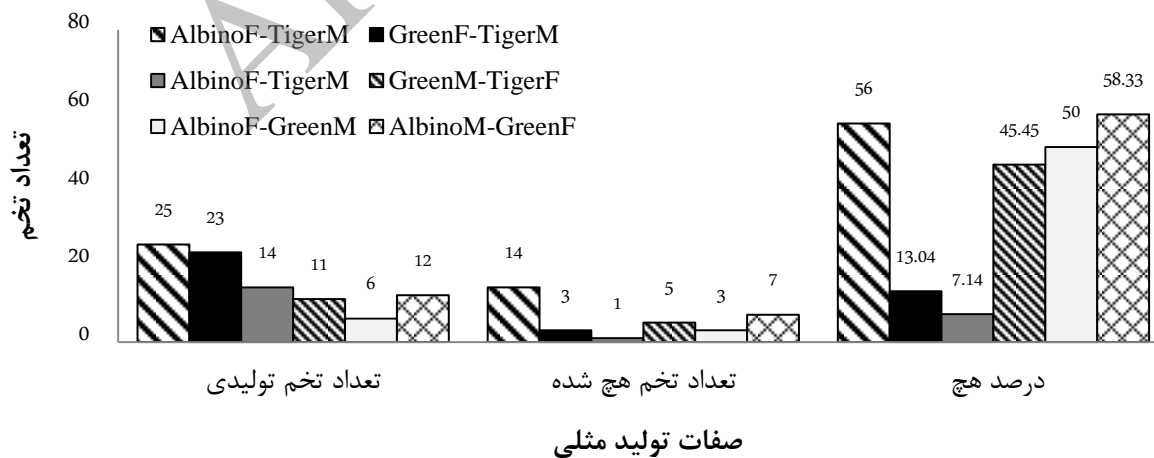
جدول ۲. تأثیرات مادری، قدرت ترکیب عمومی و توان ترکیب اختصاصی نتاج هیبرید برای صفات تولیدمثلی

درصد هیچ	تعداد تخم هیچ‌شده	چهار دوره تخم‌ریزی		
		کل تخم تولیدی		
-۲/۶۱	-۱۲/۶۷	-۲۱/۰۰	تایگر	تأثیرات مادری
۱۲/۰۴	۱۸/۳۳	۲۵/۳۳	آلبینو	
-۹/۴۳	-۵/۶۷	-۴/۳۳	گرین	
-۳/۵۳	۱۰/۳۳	۲۰/۴۲	تایگر	قدرت ترکیب عمومی
-۵/۶۳	-۱۰/۴۲	۴/۶۷	آلبینو	
۹/۱۵	۰/۰۸	-۲۵/۰۸	گرین	
۲۱/۲۰	۱۱۳/۵۶	۱۵۹/۲۸	T/T	قدرت ترکیب اختصاصی
-۳۹/۸۹	۶۱/۸۶	-۱۳۹/۵۰	T/A	
۳۵/۰۲	-۴۹/۶۴	۴۲۸/۵۶	T/G	
-۴۳/۸۰	۵۰/۸۶	-۱۵۵/۱۷	A/T	
۲/۵۴	۷۵/۰۶	۱۰۴/۴۴	A/A	
۵۴/۸۶	-۴۴/۹۱	۳۴/۵۰	A/G	
۳۹/۸۵	-۶۱/۶۴	۴۰۲/۸۱	G/T	
۵۰/۹۵	-۵۵/۹۱	۱۸/۸۳	G/A	
۸/۰۲	۱۰۳/۰۶	۱۷۲/۶۱	G/G	

است، زمانی که از آلبینو در نقش والد ماده و تایگر در نقش والد نر استفاده شده بیشترین تعداد تخم تولید شده است و پس از آن گرین ماده و تایگر نر نیز تعداد تخم بیشتری نسبت به سایر تلاقی‌ها دارند. بنابراین، نتایج حاصل از این تلاقی‌ها می‌توانند به‌منزله بهترین ترکیبات برای این صفت در نظر گرفته شوند. در بررسی صفت مربوط به تعداد تخم هیچ‌شده باز هم ترکیب آلبینوی ماده و تایگر نر بالاترین میزان را نشان می‌دهند و در تلاقی آلبینوی ماده با تایگر نر کمترین تعداد تخم هیچ‌شده مشاهده می‌شود. در بحث صفت درصد هیچ بیشترین مقدار مربوط به زمانی است که آلبینوی نر با گرین ماده تلاقی داده شدند. همچنین، پایین‌ترین مقدار هم مربوط به تلاقی بین آلبینوی ماده با تایگر نر است. به طور کلی، در بررسی هم‌زمان هر سه صفت بهترین ترکیب مربوط به تلاقی آلبینوی ماده و تایگر نر است، که از نظر هر سه صفت برتری دارد.

نتایج توانایی ترکیب خاص (جدول ۲) نشان داد که تخم دورگه‌های حاصل از تلاقی آلبینوی نر با گرین ماده بیشترین درصد هیچ را نسبت به سایر دورگه‌ها دارند و پس از آن نیز به ترتیب دورگه‌های حاصل از تلاقی گرین نر و آلبینوی ماده همچنین، گرین نر و تایگر ماده بیشترین قدرت ترکیب اختصاصی را دارند، که نشان می‌دهد این تلاقی‌ها بهترین و بیشترین قابلیت انتقال به نتایج برای این صفت دارند؛ علاوه بر تأثیرات غیرافزایشی ژن، تأثیرات غالبیت هم در این مورد تأثیرگذارند. همچنین، در بررسی مربوط به صفت درصد هیچ تخم‌ها کمترین میزان SCA مربوط به تلاقی آلبینوی نر و تایگر ماده و پس از آن تایگر نر و آلبینوی ماده مشاهده شد.

شکل ۱ خصوصیات تولیدمثلی نتایج دورگه حاصل از تلاقی سه سویه ماهیان بارب را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار نشان داده شده



شکل ۱. خصوصیات تولیدمثلی نتایج حاصل از هیبریدهای مختلف سه سویه از ماهیان زینتی



تأثیرات غالبیت نیز بیشترین تأثیر را داشته‌اند و همین‌طور کمترین میزان هتروزیس نیز مربوط به صفت تعداد تخم تولیدی است. مشابه همین بررسی درباره صفت مربوط به وزن بدن نشان داد که بهترین ترکیب زمانی حاصل شد که از نژاد کپور Jian در تلاقی‌ها استفاده شد و این نژاد می‌تواند در برنامه‌های هیبریداسیون برای بهره‌برداری از هتروزیس استفاده شود (Su et al., 2013). به طور کلی، هتروزیس منفی در هر سه صفت بیانگر این است که هیچ‌کدام از دورگه‌ها نسبت به تلاقی‌های خالص برتری ندارند.

نتایج مربوط به افت به واسطه همخونی و میزان هتروزیس صفات تولیدمثلی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که میزان هتروزیس در همه دوره‌های تخم‌ریزی همچنین، در کل چهار دوره منفی برآورد شد. (Gjerde and Maluwa (2006) برای صفت وزن بدن در همه تلاقی‌ها در ماهی سیچلید تأثیرات منفی برای هتروزیس گزارش کردند. در همه دوره‌های تخم‌ریزی بیشترین میزان هتروزیس مربوط به صفت درصد هچ بود، که نشان می‌دهد فاصله بین آلل‌ها در این صفت بیشتر از دو صفت دیگر است و

جدول ۳. افت به واسطه همخونی و میزان هتروزیس صفات تولیدمثلی در هیبریدهای سه سویه ماهیان زینتی

Heterosis	ID		
-۱۴/۸	۲۹/۵۶	کل تخم تولیدی	دوره تخم‌ریزی اول
-۳/۶۷	۷/۳۳	تعداد تخم هچ شده	
-۳/۰۵	۶/۰۹۶	درصد هچ	
-۱۵/۶	۳۱/۲۲۲۲	کل تخم تولیدی	دوره تخم‌ریزی دوم
-۱۰/۴	۲۰/۷۷۷۸	تعداد تخم هچ شده	
-۸/۶۲۶۶۷	۱۷/۲۵۳۳۳	درصد هچ	
-۱۷/۹	۳۵/۷۷۷۸	کل تخم تولیدی	دوره تخم‌ریزی سوم
-۱۳/۳	۲۶/۶۶۶۶۷	تعداد تخم هچ شده	
-۳/۹۹	۷/۹۸۶۶۶۷	درصد هچ	
-۲۴/۴	۴۸/۸۸۸۸۹	کل تخم تولیدی	دوره تخم‌ریزی چهارم
-۲۱/۲	۴۲/۴۴۴۴۴	تعداد تخم هچ شده	
-۴/۹۹	۹/۹۷	درصد هچ	
-۷۲/۷	۱۴۵/۴۴۴	کل تخم تولیدی	کل دوره
-۴۷/۸	۹۷/۲۲۲۲	تعداد تخم هچ شده	
-۵/۳	۱۰/۵۹۰۸	درصد هچ	

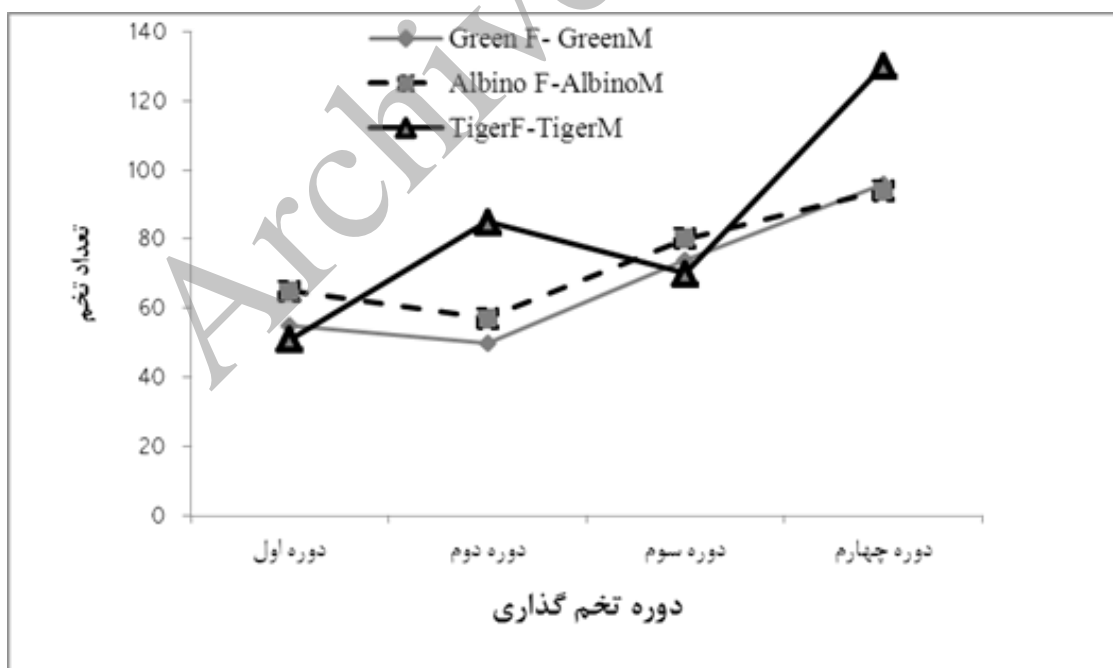
چهار دوره تخم‌ریزی، به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین

به طور کلی، در میان صفات مورد بررسی در هر

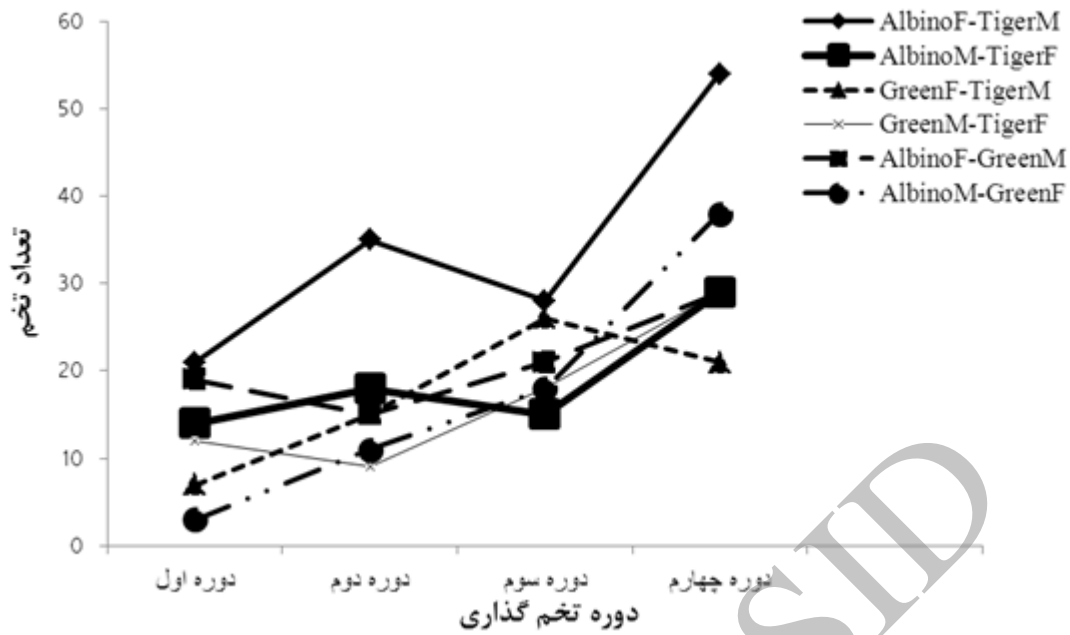
نشان داد که میزان تولید تخم در بین لاین‌های خالص در چهارمین دوره تخم‌ریزی در تایگر بالاترین مقدار را دارد و پس از آن گرین و آلبینو به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد تخم را تولید کرده‌اند. شکل مربوط به تعداد تخم تولیدی دورگه‌ها نشان داد زمانی که تایگر در نقش لاین پدری با آلبینوی ماده تلاقی داده شد تخم بیشتری تولید کرد که این امر مربوط به تأثیرات افزایشی ژن‌هاست. در نتیجه این‌چنین استنباط می‌شود که بهترین ترکیب برای تولید تخم زمانی است که تایگر نر با آلبینوی ماده تلاقی داده شود. تلاقی‌های بین تایگر ماده و آلبینوی نر، گرین نر و آلبینوی ماده و گرین نر و تایگر ماده از این نظر در دوره چهارم تخم‌ریزی در یک سطح قرار دارند.

میزان هتروزیس را صفات درصد هج و تعداد تخم تولیدی به خود اختصاص می‌دهند. این امر نشان‌دهنده سهم زیاد تأثیرات غیرافزایشی در کنترل این صفات است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود تأثیرات ژنتیکی غیرافزایشی سهم بسیار بالایی در واریانس ژنتیکی کل صفات تولیدمثلی دارند. در مقابل واریانس ژنتیکی افزایشی نقش کمتری در بروز صفات دارد و انتظار می‌رود خصوصیات مذکور کمتر از تأثیرات هتروژیک متأثر شوند. بررسی نتایج افت به واسطه همخوانی در صفت مربوط به تعداد تخم تولیدی بیشترین و در صفت درصد هج کمترین مقدار برآورد شد.

شکل‌های ۲ و ۳ بیانگر تعداد تخم تولیدشده در لاین‌های خالص همچنین نتاج دورگه‌اند. بررسی‌ها



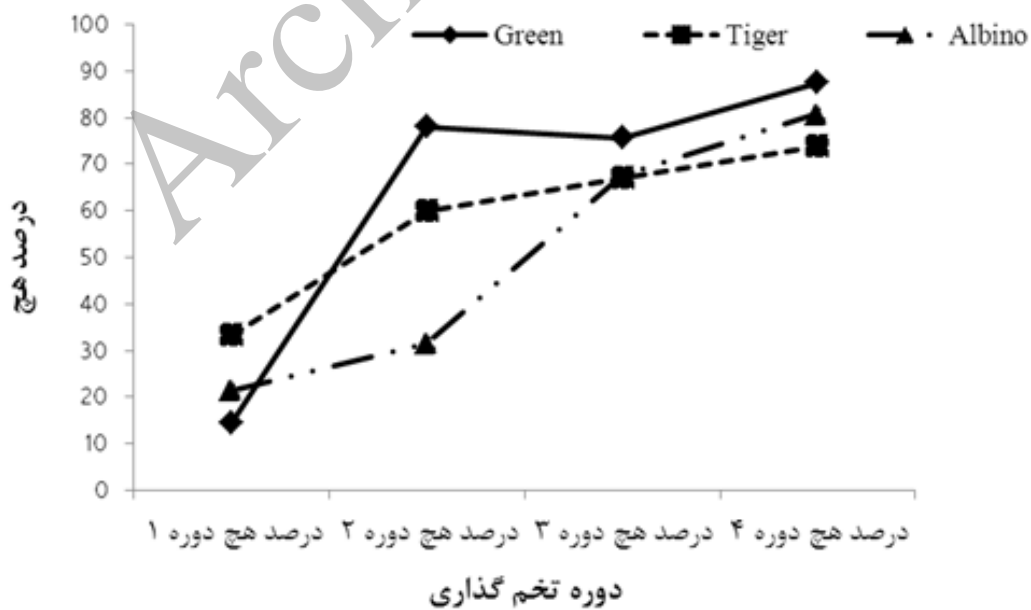
شکل ۲. تعداد تخم تولیدشده در نتاج حاصل از سه سویه خالص ماهیان زینتی



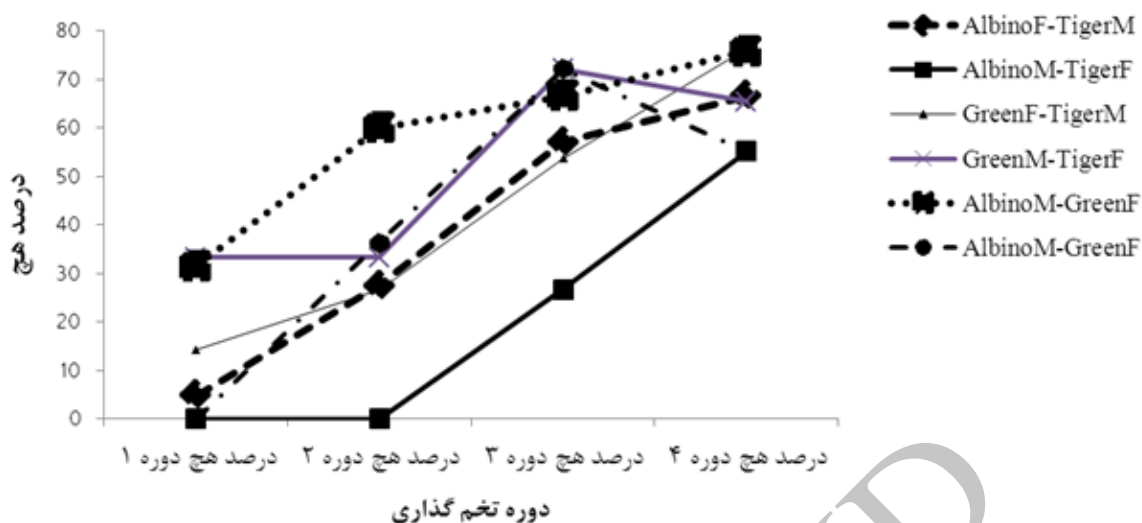
شکل ۳. تعداد تخم‌های تولیدشده در نتاج دورگه حاصل از تلاقی سه سویه ماهی در طرح دی‌آلل کراس کامل

لاین‌های خالص داراست و پس از آن آلبینو و تایگر قرار دارند. در بین دورگه‌ها بالاترین درصد هج در دوره چهارم تخم‌ریزی مربوط به دو تلاقی آلبینوی نر و گرین ماده و تایگر نر و گرین ماده است.

اشکال ۴ و ۵ میزان درصد هج در لاین‌های خالص و دورگه‌های حاصل از تلاقی دی‌آلل کراس را نشان می‌دهند. در هر چهار دوره تخم‌ریزی گرین با بیشترین درصد هج بهترین عملکرد را در بین



شکل ۴. میزان درصد هج در نتاج حاصل از سویه‌های خالص ماهیان زینتی



شکل ۵. میزان درصد هج در نتاج دورگه حاصل از تلاقی سه سویه مختلف ماهیان زینتی

#### ۴. بحث

دی آل سیستمی آمیزشی است که مستلزم همه تلاقی‌های ممکن در میان گروه‌های والدین است. از طرح ژنتیکی مذکور برای ارزیابی عمده صفات کمی، که تحت سیستم‌های چندزنی قرار دارند، در حیوانات و ماهیان استفاده می‌شود. در سیستم دی آل هر یک از افراد این شانس را دارند که هم به منزله لاین پدری و هم لاین مادری استفاده شوند، که مهم‌ترین هدف از انجام آن شناسایی بهترین افراد در نقش پایه مادری و استفاده از توانایی‌های مادری در تولید نتاج است. در هنگام تشکیل تخم بعد از اتصال اسپرم به تخمک محتویات ژنومی اسپرم وارد تخمک می‌شود بنابراین، عمده سیتوپلاسم سلول تخم را سیتوپلاسم تخمک تشکیل می‌دهد، که از والد مادری دریافت شده است. توانایی مادری مربوط به محیط تخمک و ژن‌های غیرهسته‌ای است که عمدتاً در داخل سیتوپلاسم وجود دارند و مجاور میتوکندری و ریبوزوم واقع شده‌اند. در مطالعه حاضر حداکثر توانایی مادری در

سویه البینو بارب حاصل شد که در همه صفات تولیدمثلی مورد مطالعه از جمله تعداد تخم تولیدی و درصد هج تخم‌ها نسبت به سایر سویه‌ها بالاتر بود. در تحقیق (Gjerda and Maluwa 2006) در زمینه بررسی تأثیرات مادری در صفت وزن بدن در ماهی سیچلید / سویه Nkhotakota بیشترین و سویه Shire پایین‌ترین میزان تأثیرات مادری را نشان دادند.

توانایی ترکیب عمومی مرتبط با قابلیت هر یک از والدین در بروز عملکرد صفات مورد مطالعه است، که شایستگی ژنتیکی افراد را شامل می‌شود و دربرگیرنده ژن‌های افزایشی کنترل‌کننده یک صفت است. مطالعه حاضر با سه سویه از ماهیان بارب نشان داد که در صفات تعداد تخم تولیدی و تخم‌های هج شده سویه تایگر بارب بالاترین شایستگی ژنتیکی افزایشی را داراست و از نظر درصد هج سویه گرین بارب بالاترین بود. (Townsend et al. 2013) نشان دادند که توانایی ترکیب در تلاقی دی آل می‌تواند

در صفات مختلف متفاوت بود و می‌تواند مربوط به پیچیده بودن صفات و عوامل مختلف کنترل‌کننده آن‌ها باشد. دورگه‌های حاصل از تلاقی دو نژاد Yuni با Poyang و تلاقی برگشت آن در ماهی پوزه‌باریک (Bream Blunt Snout) میزان SCA بالاتری را نسبت به سایر ترکیبات برای صفات وزن بدن و رشد نشان دادند (Lou et al., 2014). در بررسی دیگری برای برآورد میزان توانایی ترکیب خاص که دربارهٔ صفت مربوط به وزن بدن در سه نژاد کپور انجام گرفت، دو تلاقی جنسیت نر کپور Jian با جنسیت مادهٔ کپور Huanghe همچنین، تلاقی برگشت آن برای صفت وزن بدن میزان SCA بالاتری نسبت به تلاقی‌های خالص خود نشان دادند، که این بیانگر این است که عملکرد والدین درگیر در این دو تلاقی بیشتر از سایر تلاقی‌هاست (Su et al., 2013). در بررسی مشابهی دربارهٔ صفت رشد با استفاده از تلاقی دی‌آلل، Dunham et al. (1990) گزارش کردند که تلاقی بین دو سویهٔ گربه‌ماهی Channel و Blue نتایج تولید کردند که از نظر نرخ رشد تفاوت قابل توجهی با والدین خالص خود دارند، در حالی که et al. (2008) Jiang با ایجاد تلاقی مشابه گزارش کردند که نتایج هیبرید تفاوت قابل توجهی در نرخ رشد نسبت به والدین خالص خود ندارند.

هتروزیس مقدار انحراف میانگین نتایج آمیختهٔ نسل F1 از میانگین والدین است. در صورتی که هتروزیس برابر با صفر باشد تأثیرات متقابل در بین آلل‌های یک جایگاه یا جایگاه‌های کنترل‌کنندهٔ یک صفت وجود ندارد و مقدار انحراف از صفر بیانگر تأثیرات متقابل بین آلل‌هاست. در مطالعهٔ حاضر در همهٔ دوره‌های تخم‌گذاری برای صفات تولیدمثلی

برای شناسایی والدین برتر در تولید نتایج هیبرید با عملکرد بالاتر استفاده شود. تأثیرات GCA نشان‌دهندهٔ ماهیت افزایشی عمل ژن است. ترکیب‌شوندهٔ عمومی بالا دارای ارزش اصلاحی بالا در تلاقی با والدین دیگر است (Ehdaie and Ghaderi, 1976). در بررسی صفت وزن بدن در ماهی سیچلید، سویهٔ Shire به طور قابل توجهی سنگین‌تر از سویه‌های دیگر بود، در حالی که سویهٔ Nkhotakota در پایین‌ترین رده قرار داشت و میزان تأثیرات ژنتیک افزایشی برای سویهٔ Shire بیشترین مقدار گزارش شد (Gjerde and Maluwa, 2006). همچنین، Lou et al. (2014) گزارش کردند که بالاترین میزان توانایی ترکیب عمومی و تأثیرات ژنتیک افزایشی برای صفات رشد و وزن بدن در ماهی پوزه‌باریک (Bream Blunt Snout) مربوط به جنسیت مادهٔ Liangzi همچنین، جنسیت نر Poyang بود و این دو نژاد می‌توانند در برنامه‌های اصلاح نژادی مفید واقع شوند.

توانایی ترکیب اختصاصی نشان‌دهندهٔ قدرت ترکیبی آلل‌های مختلف در جایگاهی ژنی است. هر چه فراوانی آلل‌های موجود در جایگاه ژنی در بین والدین مختلف بیشتر باشد، تأثیرات ترکیبی آلل‌ها افزایش می‌یابد. تأثیرات ترکیبی آلل‌ها مربوط به تأثیرات غیرافزایشی ژن‌هاست. بیشترین توانایی ترکیب اختصاصی صفت تعداد تخم تولیدی مربوط به دورگه‌های حاصل از تلاقی دو سویهٔ تایگر و گرین است. دورگه‌های حاصل از تلاقی دو سویهٔ تایگر و آلبینو بالاترین تعداد تخم هچ‌شده را در بین دورگه‌ها دارا بودند و از نظر درصد هچ تخم‌ها دورگه‌های تلاقی آلبینو و تایگر بالاتر بودند، که نتایج

میزان هتروزیس منفی برآورد شد. بنابراین، با این که تقریباً همه دورگه‌ها در طرح تلاقی نسبت به نتاج خالص افت در صفات تولیدمثلی نشان دادند، اما اگر آلبینوی نر با تایگر ماده تلاقی یابد، بهبود شایان توجهی در اکثر صفات نسبت به سایر هیبریدها حاصل می‌شود.

Archive of SID

## References

- [1]. Aquaticcommunity, 2004. Available from <http://www.aquaticcommunity.com/barbs/tigerbarb.php>. Accessed 20 th May 2014.
- [2]. Bakes, J., Gorda, S., 1995. Genetic improvement of common carp strains using intraspecific hybridization. *Aquaculture* 129, 183-186.
- [3]. Changizi, R., Matinfar, A., Jamili, SH., Ghiasvand, Z., 2008. Comparison indices proliferation aquarium fish (*Cichlasoma nigrofasciatum*) cichlid zebra in the course of optical sex ratios and different. *Animal and fisheries* 10, 135-143.
- [4]. Dunham, A.R., Brummett, R.E., Ella, M.O., Smitherman, R.O., 1990. Genotype-environment comparisons of channel catfish, blue catfish and their hybrids grown in earthen ponds. *J. World Aquacult. Soc* 39 (6), 736-745.
- [5]. Emadi, H., 1982. *Aquarium. Fish technical publications*, Tehran, 15p.
- [6]. Ehdai, B., Ghaderi, A., 1976. *Diallel method*. Shahid Chamran University Press.
- [7]. Gjerde, B., Maluwa, A.O., 2006. Estimates of the strain additive, maternal and heterosis genetic effects for harvest body weight of an F2 generation of *Oreochromis shiranus*. *Aquaculture* 259, 38-46.
- [8]. Gjerde, B., Refstie, T., 1984. Complete diallel cross between five strains of Atlantic salmon. *Livestock Production Science* 11, 201-226.
- [9]. Hayman, B.I., 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39, 789-809.
- [10]. Dunham, A.R., Brummett, R.E., Ella, M.O., Smitherman, R.O., 1990. interactions for growth of blue, channel and hybrid catfish in ponds and cages at varying densities. *Aquaculture* 85, 143-151.
- [11]. Jiang, M., Daniels, W.H., Pine, H.J., Chappell, J.A., 2008. Production and processing trait Kwaye, G.R., Shimelis, H., William, PM., 2008. Combining ability analysis and association of yield and yield components among selected cowpea lines. *Euphytica* 162, 205-210.
- [12]. Luo, W., Zeng, C., Yi, S.H., Robinson, N., Wang, W., Gao, Z., 2014. Heterosis and combining ability evaluation for growth traits of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) when crossbreeding three strains. *Chin. Sci. Bull* 59(9), 857-864.
- [13]. Nguyen, N.H., Pongthana, N., Ponzoni, R.W., 2009. Heterosis, direct and maternal genetic effects on body traits in a complete diallel cross involving four strains of red tilapia *oreochromis* spp. *Proc. Breed Genetic* 18, 358-361.
- [14]. Nielsena, H.M., Qdengarda, J., Olesena, I., Gjerde, B., Ardob, L., Jeney, G., 2010. Genetic analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) strains. I: Genetic parameters and heterosis for growth traits and survival. *Aquaculture* 304, 14-21.
- [15]. Owolade, O.F., Dixon, AG.O., Akande, S.R., Olakojo, S.A., 2009. A combing ability analysis of cassava manihot *esculenta* crantz genotypes to anthracnose disease. *Electron. J. Environ. Agr. Food. Chem* 7, 2959-2968.
- [16]. Parsad, R., 2000. Use of nested designs in diallel cross experiments. I.A.S.R.I., Library Avenue, New Delhi- 110012, 305-326.
- [17]. Sangeeta, A., Malhotra, P.K., Bhatia, V.K., Parsad, R., 2012. Statistical package for agricultural research (SPAR3.0). I.A.S.R.I., Library Avenue, New Delhi- 110012, India.

- [18]. Su, S.H., Xu, P., Yuan, X.I., 2013. Estimates of combining ability and heterosis for growth traits in a full diallel cross of three strains of common carp, *Cyprinus carpio* L. *African Journal of Biotechnology* 12(22), 3514-3521.
- [19]. Townsend, T., Segura, V., Chigeza, G., Penfield, T., Rea, A., Harvey, D., Graham, L.A., 2013. The use of combining ability analysis to identify elite parents for *Artemisia annua* F1 hybrid production. *Plos one* 8(4), e61989.
- [20]. Vandeputte. M., Peignon, E., Vallod, D., Haffray, P., Komen, J., Chevassus, B., 2002. Comparison of growth performances of three French strains of common carp (*Cyprinus carpio*) using hemi-isogenic scaly carp as internal control. *Aquaculture* 205, 19-36.
- [21]. Wolters, W.R., Johnson, MR., 1995. Analysis of a diallel crosses to estimate effects of crossing on resistance to enteric septicemia in channel catfish. *Aquaculture* 137, 263-269.

Archive of SID