بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشکده شیلات و محیط زیست

پایان نامه برای اخذ مدرک کارشناسی ارشد(M.Sc) در رشته مهندسی شیلات

بررسی تنوع ژنتیکی سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta gracilis*) درمنابع آبی پارک ملی گلستان و رودخانه‌های تیل‌آباد، زرین‌گل و گرگانرود با استفاده از نه جایگاه میکروستلایت

نگارنده:

اکرم علی اکبریان

استاد راهنما:

دکتر علی شعبانی

استاد مشاور:

دکتر بهاره شعبانپور

۱۳۸۹

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشارپایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین بمنظور آگاهی ورعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد میشوند:

۱)قبل ازچاپ پایان‌نامه(رساله) خود، مراتب را قبلا بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع وکسب اجازه نمایند.

۲)در انتشار نتایج پایان‌نامه(رساله)در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳)انتشار نتایج پایان‌نامه(رساله) باید با اطلاع وکسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب اکرم علی‌اکبریان قناتی دانشجوی رشته شیلات مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آنرا قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی وامضا

اکرم علی‌اکبریان

تقدیم به روح مادربزرگ عزیزم

تشکر و قدردانی

با تشکر از زحمات استاد راهنمای بزرگوارم دکتر علی شعبانی و مشاور گرامی دکتر بهاره شعبانپور که همواره در این مسیر یاریم نمودند. از داوران پایان‌نامه دکتر جعفری و دکتر تقی‌زاده و همچنین نماینده محترم تحصیلات تکمیلی خانم دکتر مرجان محمدزاده که زحمت بازخوانی این پایان‌نامه را کشیدند سپاس‌گزاری می‌کنم. همچنین از پدر، مادر و همسرم عزیزم که در تمام مراحل انجام پایان‌نامه همراه و همدلم بودند قدردانی می‌نمایم.

چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و ساختار جمعیتی سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta gracilis*) که یکی از گونه‌های مهم بومی رودخانه‌ای حوضه دریای خزر بوده و اطلاعات مولکولی محدودی از این گونه در اختیار است، تعداد ۱٤٦ نمونه ماهی از قنات میرزابایلو و رودخانه مادرسو در پارک ملی گلستان و رودخانه‌های زرین‌گل، تیل‌آباد و گرگانرود جمع‌آوری گردید. DNA ژنومی به روش فنل-کلروفرم استخراج و کمیت و کیفیت DNA استخراجی با استفاده از بیوفتومتر و الکتروفورز ژل آگارز تعیین گردید. واکنش PCR با استفاده از۹ لکوس میکروستلایت انجام گرفت که همگی پلی‌مورف بودند. نتایج بدست آمده از این بررسی نشان داد که میانگین تعداد الل‌های مشاهده شده و مؤثر بترتیب ۱۰/۳۱۱ و ۷/٤۲۹ و میانگین هتروزایگوسیتی مشاهده شده و مورد انتظار بترتیب ۰/۹۸۰ و ۰/۸٥٤ می‌باشد. در بررسی تعادل هاردی- واینبرگ مناطق نامبرده در اکثر جایگاه‌ها انحراف از تعادل را نشان دادند که می‌توان آن را به افزایش هتروزایگوسیتی نسبت داد. بر اساس محاسبات انجام شده حداکثر میزان F_{ST} بین نمونه‌های میرزابایلو و گرگانرود (۰/۰۱۷) که دارای کمترین میزان جریان ژنی (۱٤/٥۷۳) بودند مشاهده و حداقل F_{ST} بین نمونه‌های زرین-گل و تیل‌آباد (۰/۰۰۸) که دارای بیشترین میزان جریان ژنی (۲۹/۷۱۳) بودند بدست آمد. دندروگرام UPGMA ترسیم شده براساس فاصله ژنتیکی Nei نیز جدایی واضحی را بین جمعیت-ها نشان نداد. همچنین آنالیز واریانس مولکولی نشان داد که تنوع در درون جمعیت‌های مورد بررسی بالاتر از تنوع بین جمعیت‌ها می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند اطلاعات مفیدی را در زمینه تنوع و تمایز ژنتیکی سیاه‌ماهی بیان دارد که در بحث برنامه‌های حفاظت و مدیریت این گونه با ارزش بومی حائز اهمیت می‌باشد.

کلمات کلیدی: تمایز ژنتیکی، تعادل هاردی-واینبرگ، سیاه‌ماهی(*Capoeta capoeta gracilis*)، میکروستلایت، هتروزایگوسیتی

فهرست مطالب

عنوان.....شماره صفحه
فصل اول- مقدمه و کلیات.....۱
۱-۱-کلیات.....۱
۱-۱-۱-رده بندی.....۳
۱-۱-۲-خصوصیات مورفولوژیکی.....۳
۱-۱-۳-شرایط زیست محیطی.....٤
۱-۱-٤-تغذیه و تولید مثل.....٤
۱-۱-۵-اهمیت اقتصادی.....٤
۱-۲-ژنتیک جمعیت.....٤
۱-۳-جمعیت.....۵
۱-٤-مدل هاری-واینبرگ.....۵
۱-٤-۱-دلایل انحراف از مدل.....٦
۱-۵-تنوع ژنتیکی.....۷
۱-٦-روش های حفظ تنوع ژنتیکی.....۸
۱-۷-بررسی ساختارهای ژنتیکی.....۸
۱-۸-روش های اندازه گیری تنوع ژنتیکی.....۹
۱-۸-۱-نشانگرهای مورفولوژیکی.....۹
۱-۸-۲-نشانگرهای سیتوژنیک.....۱۰
۱-۸-۳-نشانگرهای مولکولی.....۱۰
۱-۸-۳-۱-نشانگرهای پروتئینی.....۱۱
۱-۸-۳-۲-نشانگرهای DNA ۱۲
۱-۹-نشانگرهای میکروستلایت.....۱۳

۱-۱۰-اشکال مختلف ریزماهواره..... ۱٤
۱-۱۱-پیدایش ریزماهواره..... ۱٤
۱-۱۲-مزایای ریزماهواره..... ۱٥
۱-۱۳-معایب و مشکلات ریز ماهواره..... ۱٥
۱-۱٤-ضرورت تحقیق..... ۱٦
۱-۱٥-اهداف تحقیق..... ۱٦
۱-۱٦-فرضیه تحقیق..... ۱٦
فصل دوم-مروری بر منابع..... ۱۷
۲-۱-منابع داخلی..... ۱۷
۲-۲-منابع خارجی..... ۱۹
فصل سوم-مواد و روش ها..... ۲٤
۳-۱-نمونه برداری..... ۲٤
۳-۱-۱-ایستگاه های نمونه‌برداری..... ۲٥
۳-۲-استخراج DNA..... ۲٦
۳-۲-۱-مواد مورد نیاز..... ۲٦
۳-۲-۲-تجهیزات مورد استفاده..... ۲٦
۳-۲-۳-نحوه تهیه محلول ها جهت استخراج DNA ۲۷
۳-۲-۳-۱-فنل کالیبره..... ۲۷
۳-۲-۳-۲-تهیه بافر STE ۲۸
۳-۲-۳-۳-تهیه SDS ۲۰ درصد..... ۲۸
۳-۲-٤-نحوه استخراج DNA ۲۸
۳-۳-ارزیابی کیفیت و کمیت DNA استخراج شده ۲۹
۳-۳-۱-الکتروفورز افقی(ژل آگارز) ۳۰

۳-۳-۲-روش اسپکتروفتومتری ۳۱
۳-٤-واکنش زنجیره ای پلیمراز (PCR) ۳۲
۳-٤-۱-نحوه انجام واکنش ۳۲
۳-۵-الکتروفورز عمودی محصول PCR با استفاده از ژل پلی اکریلامید ۱۰٪ ۳۳
۳-۵-۱-مواد مصرفی ۳۳
۳-۵-۱-۱-بافر TAE ۳۳
۳-۵-۱-۲-بافر سنگین کننده ۳٤
۳-۵-۱-۳-آمونیوم پر سولفات (A.P.S.) ۳٤
۳-۵-۱-٤-تهیه اکریلامید ۳۰٪ ۳٤
۳-۵-۱-۵-تهیه TBE (10x) ۳٤
۳-۵-۲-تهیه ژل اکریلامید ۳٤
۳-٦-رنگ آمیزی ژل پلی اکیلامید با نیترات نقره ۳۵
۳-۷-ثبت تصاویر ۳٦
۳-۸-آنالیز آماری ۳٦
فصل چهارم-نتایج ۳۷
٤-۱-نتایج بررسی کیفیت و کمیت DNA استخراجی گونه سیاه ماهی ۳۷
٤-۱-۱-روش الکتروفورزی ۳۷
٤-۱-۲-اسپکتروفتومتری DNA ۳۸
٤-۲-نتایج PCR ۳۸
٤-۳-فراوانی آلل‌ها ٤۳
٤-٤-تعداد الل‌های واقعی (N_a) و مؤثر (N_e) ٤٤
٤-۵-هتروزایگوسیتی مشاهده شده (H_o) ومورد انتظار (H_e) ٤٤
٤-٦-شاخص شانون ٤٦

٤-٧-تعادل هاردی-واینبرگ.....٤٧
٤-٨-آنالیز AMOVA ٤٨
٤-٩-شباهت و فاصله ژنتیکی ٥٠
٤-١٠-دندروگرام UPGMA ٥٢
فصل پنجم -بحث و پیشنهادات ٥٣
٥-١-بحث.....٥٣
٥-٢-نتیجه گیری کلی.....٦٢
٥-٣-پیشنهادات اجرایی.....٦٢
٥-٤-پیشنهادات پژوهشی.....٦٣
منابع و مأخذ.....٦٤
چکیده لاتین.....

فهرست جداول

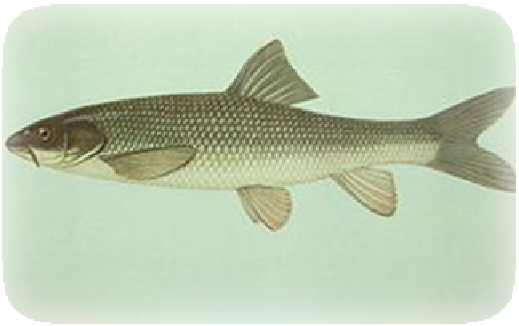
شماره جدول.....صفحه
۱-۱- انواع نشانگرهای DNA ، ویژگی ها و کاربرد آنها.....۱۱
۱-۲- دسته بندی نشانگرهای DNA.....۱۲
٤-۱ توالی و ویژگی های پرایمرهای مورد استفاده در آنالیز میکروستلایت سیاه ماهی.....۳٤
٤-۲-فراوانی الل‌های بدست‌آمده در نه جایگاه میکروستلایت.....۳۹
٤-۳- تعداد اللهای واقعی (N_a) و مؤثر (N_e).....٤۰
٤-٤- مقادیر هتروزایگوسیتی مشاهده شده (H_o) و مورد انتظار (H_e).....٤۱
٤-۵- مقادیر هتروزایگوسیتی مشاهده شده و مورد انتظار در سطح ۹ جایگاه ژنی در کل نمونه‌ها.....٤۲
٤-٦- مقادیر شاخص شانون در مناطق مختلف در۹ لکوس در سیاه ماهی.....٤۲
٤-۷- تعادل هاردی-واینبرگ در مناطق مختلف در۹ لکوس در سیاه‌ماهی.....٤۳
٤-۸- میزان F_{st} محاسبه شده بر اساس فراوانی در مناطق نمونه برداری.....٤۵
٤-۹- میزان ضرایب تمایز و درون آمیزی و جریان ژنی در لکوس‌های مختلف.....٤۵
٤-۱۰- آنالیز واریانس مولکولی (AMOVA).....٤٦
٤-۱۱- ماتریس فاصله ژنتیکی (Nei،۱۹۷۲).....٤۷
٤-۱۲- ماتریس شباهت ژنتیکی (Nei،۱۹۷۲).....٤۷

فصل اول- مقدمه و کلیات

۱-۱- کلیات

سیاه‌ماهی *Capoeta capoeta gracilis* (Keyserling ,1861) ازگونه‌های مهم بومی ایران می باشد که در آفریقا، آسیای صغیر، سراسر ناحیه قفقاز، در محدوده سوریه، ایران، جنوب آسیای مرکزی، شمال هند، ترکمنستان، دریاچه آرال، خاورمیانه و جنوب چین پراکنش دارد (عبدلی و کوهستان اسکندری،۱۳۷۸؛ ترکمن [1]و همکاران، ۲۰۰۲). پراکنش این گونه در ایران در حوضه جنوبی دریای خزر، حوضه دریاچه ارومیه، اطراف اصفهان و در جنوب شرقی خراسان میباشد (برگ[2]، ۱۹٤۹؛ عبدلی، ۱۳۷۸).

[1]-Trukmen
[2]- Berg



شکل ۱-۱- سیاه‌ماهی *Capoeta capoeta gracilis*

در این بررسی پنج منطقه مورد نمونه‌برداری قرار گرفت که به جز قنات میرزابایلو رودخانه‌های زرین‌گل، تیل‌آباد، مادرسو و گرگانرود (بعد از تلاقی رودخانه های زاو و مادرسو) همگی در حوضه آبخیز بزرگ گرگانرود قرار می‌گیرند، ولی از نظر جغرافیایی متعلق به چهار زیر حوضه آبریز متفاوت هستند که این مسئله باعث جدایی جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری می‌گردد. قنات میرزابایلو در شرقی‌ترین بخش پارک ملی گلستان و در استان خراسان شمالی قرار گرفته، در حالیکه رودخانه مادرسو در غرب پارک ملی گلستان واقع شده است.

سه منطقه مورد نمونه برداری دیگر شامل رودخانه‌های تیل‌آباد ، زرین‌گل و گرگانرود است که تیل‌آباد در جنوب شرقی استان، و زرین‌گل در جنوب استان گلستان قرار گرفته است. رودخانه گرگانرود هم در جنوب شرقی دریای خزر واقع شده که اغلب انشعابات آن از رشته کوه البرز سر چشمه می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به رود های مادرسو، زرین‌گل و تیل‌آباد اشاره نمود (کیابی و همکاران،۱۳۷۸).

۱-۱-۱-رده‌بندی

رده بندی سیاه‌ماهی در سلسله جانوران به شرح زیر می باشد:

سلسله	Chordata
شاخه	Chordata
رده	Osteichthys
راسته	Cypriniforms
خانواده	Cyprinidae
جنس	*Capoet*a
گونه	*Capoeta capoeta*
زیرگونه	*Capoeta capoeta gracilis* (Keyserling,1861)
اسم انگلیسی	Lenkoran
اسم فارسی	Siahmahi – Tilkhos

۱-۱-۲- خصوصیات مرفولوژیکی

این ماهی دارای بدنی کشیده و دوکی شکل است که از بالا کمی فشرده شده است. باله‌های این ماهی شامل باله‌های زوج (سینه‌ای و شکمی) و باله‌های فرد (پشتی، مخرجی و دمی) می‌باشد D.IV 8 , A.III5.دهان بزرگ و عرضی است که اغلب مستقیم و حالت هلالی شکل نداشته و لب زیرین شاخی و لبه آن برنده است. این ماهی دارای یک تا دو جفت سبیلک می‌باشد. باله پشتی سیاه‌ماهی طویل و دارای ٤-۳ شعاع سخت و ۱۰-۷ شعاع نرم بوده وآخرین شعاع غیر منشعب باله پشتی ضخیم بوده و تاحدی دندانه‌دار

(مضرس) می‌باشد (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۳). فرمول دندان حلقی ۲,۳,٤-٤,۳,۲ و حداکثر طول استاندارد ۳۵۰ میلیمتر و در رودخانه‌های شرقی حوضه خزر (اترک) و غرب دریای خزر (ارس) از رشد بهتری برخوردار است (عبدلی، ۱۳۷۸).

۱-۱-۳- شرایط زیست محیطی

سیاه ماهی در منابع آب شیرین کشور ما اعم از آبگیرها، دریاچه‌ها، چشمه ها، قنات‌ها و رودخانه‌ها حضور گسترده‌ای دارد. زیستگاه این ماهی بیشتر قسمت‌های پایینی و میانی رودخانه‌ها و چشمه‌ها با آب شفاف تا گل‌آلود است و اغلب در بسترهای قلوه سنگی همراه با ماسه و گل‌ولای یافت میشود. این گونه در درجه حرارت آبی از ۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد با محدوده pH از ۷ تا ۹ و سرعت جریان آبی از ۱ متر بر ثانیه تا آب‌های راکد وجود دارد (عبدلی، ۱۳۷۸). پراکنش وسیع گونه سیاه‌ماهی احتمالا به دامنه وسیع رژیم غذایی و کم توقعی آن، عدم قلمرو طلبی، زندگی گله‌ای و وجود زیستگاه‌های گسترده مناسب زیست سیاه‌ماهی بستگی دارد (اسکندری، ۱۳۷۷).

۱-۱-٤- تغذیه و تولید مثل

غذای این ماهی شامل موجودات کفزی، لارو حشرات آبزی مثل شیرونومیده، گیاهان آبزی و دیاتومه‌ها-ست. تولید مثل این ماهی بیشتر در فصل بهار از اسفند ماه تا تیرماه انجام می‌پذیرد. اوج تخم‌ریزی ماده‌ها در اردیبهشت‌ماه و اوج تخم‌ریزی نرها در ماه فروردین انجام می‌گیرد. اغلب نرها در سن۱ تا ۲ سالگی بالغ می‌شوند ولی ماده‌ها در سن ۲ تا ۳ سالگی به بلوغ می رسند (عبدلی، ۱۳۷۸).

۱-۱-۵- اهمیت اقتصادی

در برخی از رودخانه‌های حوضه جنوب دریای خزر در طی یک‌سال بررسی، بیش از ۳۳ درصد از وزن ماهیان صید شده از این گونه بوده است. دارای ارزش صید ورزشی نیز می‌باشد. در برخی از کشورهای آسیایی اقدام به پرورش آن در استخرهای خاکی کرده‌اند (عبدلی، ۱۳۷۸).

۱-۲-ژنتیک جمعیت[1]

از اهداف کلی تحقیقات ژنتیک جمعیت، تشخیص وسعت تنوع ژنتیکی داخل گونه ها و محاسبه این تنوع میباشد. میزان تنوع ژنتیکی داخل و بین جمعیت‌ها را می‌توان توسط فراوانی ژن‌ها و الل‌ها با در نظر گرفتن عواملی مثل مهاجرت، جهش، بهگزینی و پیشامد ژنتیکی که بر فراوانی آن‌ها اثر گذاراست، تعیین کرد. طی دو دهه گذشته، اطلاعات ژنتیکی زیادی از ژنوتیپ و فراوانی اللی گونه‌های جانوری و گیاهی به دست آمده، از آن‌جمله اطلاعات ژنتیکی بسیاری از گونه‌های ماهیان بوده که به طور اولیه از طریق روشهای ژنتیک مولکولی، پروتئینی و DNA حاصل شده‌اند. این مطالعات نشان داده‌اند که اکثر گونه ها به واحدهای متمایزتر و یا با تمایز کمتر تقسیم می‌شوند که از نظر ژنتیکی با یکدیگر متفاوتند (سیفتسی و اکوموس[2]، ۲۰۰۲).

۱-۳- جمعیت[3]

یک جمعیت، گروهی از افراد درون آمیز هستند که از نظر تولید مثلی از سایر گروههای تولید مثلی جدا هستند اما به علت عدم جدایی کامل بین جمعیتها (وجود جریان ژنی) به عنوان گونه قلمداد نمی گردند. از

---

[1]- Population genetic
[2]- Ciftci and Okumus
[3]- Population

آنجایی که جمعیتها ممکن است تبادلاتی با هم داشته باشند، این امکان وجود دارد که تمایز ژنتیکی بین جمعیتها وجود نداشته باشد (به استثناء جمعیت‌هایی که به طور آشکار از نظر جغرافیایی ازهم جدا هستند و هیچ ارتباطی با هم ندارند). به عبارت دیگر در مواردی موانع تولید مثلی پنهانی وجود دارد که از تبادلات ژنتیکی جمعیت جلوگیری می‌کند. به علاوه در طول چرخه زندگی یک گونه ممکن است اعضای یک جمعیت به طور فیزیکی با اعضای دیگر جمعیت‌ها مخلوط شوند (ساجدی، ۱۳۷۹). بدین ترتیب ساختار جمعیتی یک گونه می تواند یک جمعیت تولید مثلی منفرد، جمعیت‌های متعدد مجزا که تنها گاهی باهم تبادلات گامتی دارند ولی در اصل به وسیله فاصله جغرافیایی از هم جدا هستند، جمعیت‌هایی که در کنار هم زندگی می‌کنند ولی از نظر تولید مثلی جدا هستند و یا ترکیبی از تمام حالات مذکور باشد (ویتمور[1]، ۱۹۹۰).

۱-٤- مدل هاردی –واینبرگ [2]

این قانون بیان می‌کند در جمعیتی که جفت‌گیری به صورت تصادفی بوده و به صورت انتخابی نباشد و هیچ مهاجرت یا جهشی صورت نگرفته باشد، فراوانی الل و ژنوتیپ از نسلی به نسل دیگر ثابت است. به علاوه رابطه ساده‌ای بین فراوانی ژن و فراوانی ژنوتیپ وجود دارد. این رابطه به این صورت است که: اگر دو الل والدین (A1 و A2) دارای فراوانی ژنی p و q (p فراوانی الل A1 و q فراوانی الل A2) باشد، ژنوتیپ فرزندان A1A1، A1A2 و A2A2 و فراوانی ژنوتیپ آنها، p^2، 2pq و q^2 خواهد بود. جایگاه‌های تحت بررسی در جمعیتی با چنین فراوانی ژنوتیپی در تعادل هاردی–واینبرگ قرار دارد.

---

[1]- Whitmore
[2]- Hardy-Weinberg Equlibrium

۱-٤-۱- دلایل انحراف از مدل

به دلایل متعددی انحراف معنی‌دار از مدل هاردی-واینبرگ ایجاد می‌گردد:

۱-بهگزینی: مرگ و میر متفاوت از یک ژنوتیپ خاص، یا ژنوتیپ‌های حاوی یک الل خاص، یا یک نوع گامت خاص بهگزینی نامیده می‌شود (کاروالهو[1]، ۱۹۹۵).

۲- نبود تکثیر تصادفی: این مورد می‌تواند اشکال متفاوتی داشته باشد:

- درون آمیزی[2]: آمیزش افراد خویشاوند را گویند که احتمالاً به دلیل عدم گستردگی جمعیت رخ می‌دهد و منجر به هموزیگوتی بیش از حد (یا کسری هتروزیگوسیتی[3]) مربوط به مدل می‌شود. شدیدترین فرم درون آمیزی، خود آمیزی در هرمافرودیت هاست.
- تکثیر گزینشی: تکثیر گزینشی هنگامی پیش می‌آید که برخی افراد تمایل دارند که با افرادی با خصوصیات مشابه جفت‌گیری کنند. تکثیر گزینشی منجر به هموزیگوسیتی بیش از حد ژن‌های مرتبط می‌شود (بیامونت[4]، ۱۹۹٤).
- تکثیر غیرگزینشی: هنگامی پیش می‌آید که افراد بیشتر تمایل به جفت‌گیری با افرادی دارند که از نظر برخی خصوصیات با آن‌ها متفاوتند. این امر منجر به هتروزیگوسیتی بیش از حد در مقایسه با پیش‌بینی مدل هاردی-واینبرگ می‌شود.
- مهاجرت: مهاجرت به درون جمعیت تحت مطالعه از افراد جمعیت دیگر (که از افراد جمعیت اول از نظر جغرافیایی جدا هستند، یا در مکان مشابه‌ای هستند اما در زمان‌های مختلف تکثیر می‌کنند) با فراوانی‌های اللی متفاوت می‌تواند منجر به انحراف معنی‌دار از مدل شود. این به عنوان

---

[1]- Carvalho
[2]- Inbreeding
[3]- Heterozygot deficit
[4]- Beaumon

اثر وهلاند[1] شناخته می‌شود و باعث افزایش هموزیگوسیتی می‌گردد. در مواردی که جمعیت نمونه‌برداری شده واقعاً شامل دو گونه متفاوت بوده و این گونه‌ها نیز در لکوس تحت مطالعه دارای فراوانی‌های اللی متفاوتی هستند نتایج مشابهی دیده می‌شود (بیامونت، ۲۰۰۳).

- الل‌های پوچ[2]: الل‌های پوچ واقعاً باعث انحراف از مدل هاردی–واینبرگ نمی‌شوند، اما می‌توانند باعث ایجاد حالتی شوند که به نظر می‌رسد اینچنین انحرافی وجود دارد. هنگامیکه بنا به دلایلی محصول یک الل همبارز نمی‌تواند بروز نماید، بدین ترتیب الل بروز یافته با یک الل پوچ می‌تواند به صورت هموزیگوسیتی برای الل بروز یافته تعبیر شده و به عنوان الل صفر شمرده می‌شود. این نتایج به علت بالا بردن هموزیگوسیتی، در مقابل تعادل قرار دارند. در میکروستلایت‌ها، الل‌های پوچ به دلیل جهش در یکی از مکان‌های پرایمر که منجر به عدم توانایی PCR برای ساخت محصول می‌شود به وجود می‌آیند (بیامونت، ۱۹۹٤).

۱-۵- تنوع ژنتیکی[3]

مطالعه تغییرات در جوامع، مشخص کننده وسعت تنوع ژنتیکی می باشد. فعالیت‌های انسانی که بر حرکت و مهاجرت ماهیان تاثیر دارند نظیر اصلاح زیستگاه‌ها، پیوند زدن ذخایر غیر بومی به داخل ذخایر بومی، معرفی نژادهای پرورشی و صید بی‌رویه، باعث تغییراتی در تنوع ژنتیکی یک جمعیت می‌گردند. عدم تنوع ژنتیکی می‌تواند در اثر بهگزینی طولانی مدت و از بین رفتن هتروزایگوسیتی به دلیل آمیزش خویشاوندی و یا جداسازی جمعیت‌ها باعث کاهش بقای یک جمعیت گردد. از خطرات اصلی در زیرجمعیت‌های ماهیان، آمیزش خویشاوندی و پیشامد ژنتیکی می‌باشد که منجر به تثبیت ژن‌ها و از بین رفتن قابلیت زیست،

---

[1]- Wahlund effect
[2]- Null allel
[3]- Genetic diversity

باروری و مقاومت در برابر بیماری می‌گردد و در نهایت نیز انهدام جمعیت‌های بومی را موجب می‌گردد. لذا بهتر آن است که هر گروه مجزایی از ماهیان به عنوان یک ذخیره درنظر گرفته شود و به طور جداگانه کنترل گردد (فرگوسن[1]، ۱۹۹۵).

۱-٦- روش‌های حفظ تنوع ژنتیکی

تنوع ژنتیکی به وسیله انقراض جمعیت‌ها و فقدان تنوع در درون جمعیت‌های محدود از بین می‌رود. نسبت مورد انتظار تنوع ژنتیکی (هتروزایگوسیتی) که در داخل یک جمعیت پس از t نسل باقی می‌ماند را می‌توان از رابطه (۱-۱) به دست آورد:

$$Ht = Ho[\ ۱-۱\ (۲eN/n)\ ]^{t} \qquad \text{(رابطه ۱-۱)}$$

که در آن Ho هتروزایگوسیتی اولیه، N اندازه جمعیت، Ne اندازه موثر جمعیت، t تعداد نسل می‌باشد.

روش‌های حفظ هتروزایگوسیتی حداکثر عبارتند از:

- حداکثر نمودن هتروزایگوسیتی اولیه: این کار از طریق تشکیل جمعیت‌هایی با تعداد بالا به خصوص جمعیت‌هایی که سطوح بالایی از تنوع را دارند میسر می‌گردد.
- حداقل نمودن تعداد نسل: این روش از طریق افزایش فاصله نسل و یا انجماد اسپرم صورت می‌پذیرد.
- حداکثر نمودن اندازه جمعیت.
- حداکثر نمودن نسبت اندازه موثر جمعیت به اندازه جمعیت (کراو[2]، ۱۹۸٦).

---

[1]- Fergusen
[2]- Crow