

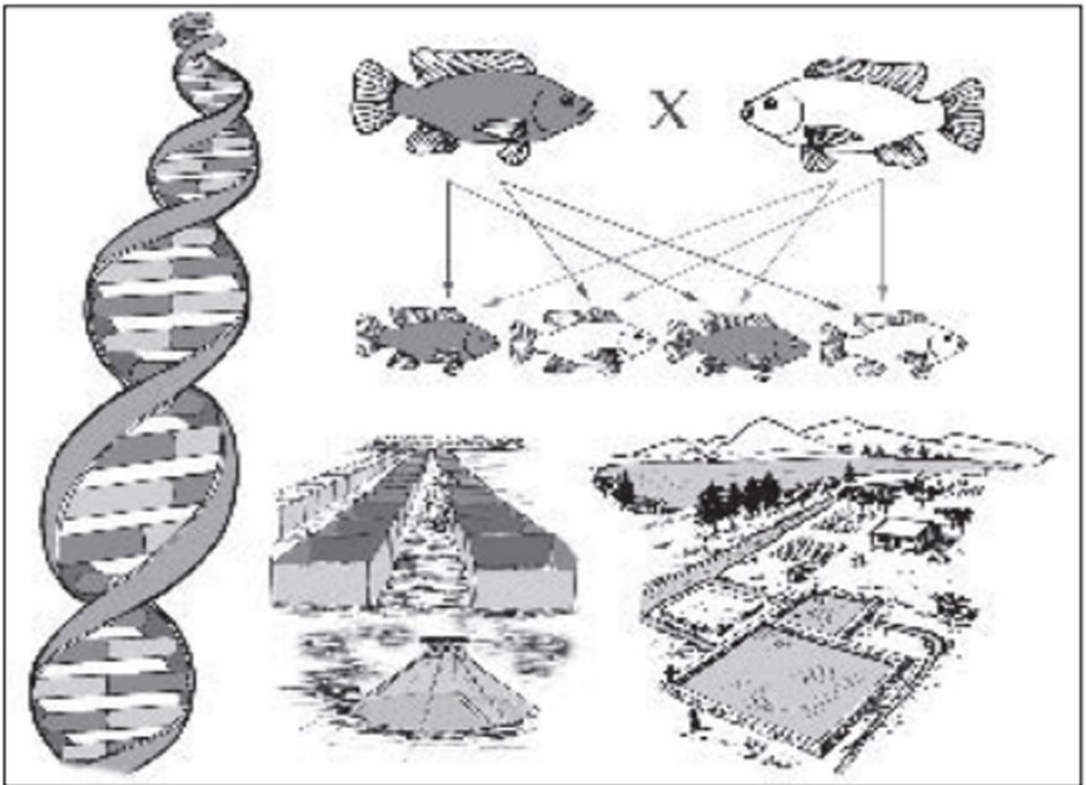


انديشكده توسعه پايدار آيزيان

سازمان خواربار و كشاورزي ملل متحد (فائو) آيين نامه ماهيگيري مسؤلانه

۵ بخش ۳

توسعه آبري پروري مديريت منابع ژنتيكي



مترجمان:

حسينعلي عبدالحی، مريم نفري يزدي

به نام خداوند جان و خرد

- عنوان و نام پدیدآور : آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه توسعه آبی پروری، مدیریت منابع ژنتیکی
مترجمان: حسینعلی عبدالحی (دانشیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور)
مریم نفری یزدی.
- مشخصات نشر : تهران: اشجع، ۱۴۰۳.
- مشخصات ظاهری : ۱۷۸ص.
- شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۶۴۶۱-۴۴۳
- وضعیت فهرست نویسی : فیپا
- یادداشت : عنوان اصلی: Aquaculture development. 3, Genetic resource management, 2008.
- عنوان دیگر : آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه.
- موضوع : آبی پروری Aquaculture
- ماهی‌ها -- پرورش و تکثیر Fish culture
- ماهی‌ها -- ذخایر ژنتیکی Fishes -- Germplasm resources
- ماهی‌ها -- اصلاح نژاد Fishes – Breeding
- شیلات – مدیریت Fishery management
- شناسه افزوده : عبدالحی، حسین‌علی، ۱۳۴۱-، مترجم
- شناسه افزوده : نفری یزدی، مریم، ۱۳۵۲-
- شناسه افزوده : سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد
- شناسه افزوده : Food and Agriculture Organization of the United Nations
- رده بندی کنگره : SH۱۳۵
- رده بندی دیویی : ۸/۶۳۹
- شماره کتابشناسی ملی : ۹۶۳۷۴۰۲

آیین نامه ماهیگیری مسئولانه
توسعه آبی پروری
مدیریت منابع ژنتیکی

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)

مترجمان

دکتر حسینعلی عبدالحی (دانشیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور)

دکتر مریم نفری یزدی



انتشارات اشجع

آیین نامه ماهیگیری مسئولانه
توسعه آبی پروری
مدیریت منابع ژنتیکی

دکتر حسینعلی عبدالحی (دانشیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور)

دکتر مریم نفری یزدی

انتشارات اشجع

چاپ: اول ۱۴۰۳

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

قیمت:

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۴۶۱-۴۴-۳

تهران، مجیدیه شمالی، خیابان برادران محمودی، نیش کوچه امید، پلاک ۱

تلفن: ۲۲۵۱۲۸۳۴ www.ashja.com



مراحل تهیه این سند:

این دستورالعمل‌های فنی را دپارتمان ماهیگیری و آبی‌پروری سازمان خواربار و کشاورزی کشور سازمان ملل متحد (فائو) با هماهنگی Devin M. Bartley (مدیر ارشد منابع شیلاتی) و با حمایت برنامه معمول کمیسیون فائو در مورد منابع ژنتیکی برای غذا و کشاورزی Fish Code (برنامه مشارکت جهانی فائو برای ماهیگیری مسئولانه) و اتحادیه جهانی شیلات تهیه کرده‌اند. کارشناسان زیر در زمینه مدیریت منابع ژنتیکی به تهیه بخش‌های جداگانه در نگاشتن و جمع‌آوری دستورالعمل‌ها کمک کرده‌اند:

Devin M. Bartley, Malcolm C. M. Beveridge, Randall E. Brummett, Joachim Carolsfeld, R. J. Lawton, Brian J. Harvey, Anne Kapuscinski, Graham Mair, Raul W. Ponzoni, Roger S. V. Pullin, Douglas Tave and Álvaro Toledo.

ویراستار کلی دستورالعمل‌ها دوین بارتلی است که کارشناسان مذکور در بالا به وی کمک کرده‌اند. وظیفه قالب‌بندی طرح را خوزه لوئیس کاستیا و طراحی جلد را Emanuela D'Antoni بر عهده داشته‌اند.

عمده کار هماهنگی و ویرایش برای تولید محتوای این دستورالعمل‌ها را کارکنان دفتر توسعه فائو و آموزش در ویکتوریا بریتیش کلمبیا به میزبانی صندوق جهانی شیلات انجام داده‌اند. از حمایت کمیته مشورتی فائو در زمینه آموزش بین‌المللی و از اتحادیه جهانی شیلات قدردانی می‌شود.

FAO. 2008. *Aquaculture development*. 3. *Genetic resource management*.
FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 5, Suppl. 3.
Rome, FAO. 2008. 125p.

مقدمه اندیشکده توسعه پایدار آذربایجان

اندیشکده توسعه پایدار آذربایجان، به عنوان یک مؤسسه غیر دولتی و غیر انتفاعی در ایران، با رسالت بسط گفتگو و گسترش اندیشه‌ورزی در صنعت شیلات کشور، گام‌های بلندی در جهت ارتقاء علمی و فنی این صنعت برداشته است. این اندیشکده با تکیه بر تخصص و دانش جمعی از کارشناسان و صاحب‌نظران، معتقد است که یکی از مهم‌ترین چالش‌ها و فرصت‌های پیش رو در صنعت آبی‌پروری، توجه به مدیریت صحیح منابع ژنتیکی و برنامه‌ریزی‌های دقیق اصلاح نژاد است. آبی‌پروری در ایران به عنوان یکی از صنایع مهم و استراتژیک کشور دارای ظرفیت‌های بالقوه بسیاری است. با توجه به نیاز مبرم کشور به منابع پروتئینی مقرون به صرفه و همچنین ظرفیت‌های صادراتی بالا، توسعه این صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با این حال، یکی از مسائل اساسی که صنعت آبی‌پروری ایران با آن دست و پنجه نرم می‌کند، عدم توجه کافی به مباحث ژنتیکی و اصلاح نژاد گونه‌های پرورشی می‌باشد. عدم انجام اصلاح نژاد مؤثر، منجر به وابستگی زیاد به واردات مولد، لارو و تخم چشم‌زده شده است. همچنین، وجود مشکلات هم‌خونی در میان مولدین داخلی، باعث شده تا رشد و کیفیت مولدین داخلی مطلوب نباشد. به عنوان مثال، در گونه‌هایی مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان، کپور ماهیان و ماهیان خاویاری، به دلیل عدم انجام اصلاح نژاد مناسب، نتایج حاصل از مولدین داخلی رضایت‌بخش نبوده و صنعت وابسته به واردات باقی مانده است.

کتاب "توسعه آبی‌پروری ۳ - مدیریت منابع ژنتیکی" که توسط سازمان کشاورزی و خواربار جهانی (FAO) منتشر شده است، یکی از منابع علمی و کاربردی با ارزش در این حوزه است. ترجمه و انتشار این کتاب با حمایت اندیشکده توسعه پایدار آبریان، نشانه‌ای از تعهد این مؤسسه به ارتقاء سطح دانش و فناوری در صنعت آبی‌پروری ایران می‌باشد. این کتاب با ارائه مباحث جامع و کاربردی پیرامون ژنتیک و مدیریت منابع ژنتیکی، می‌تواند به عنوان یک راهنمای عملی برای متخصصان و فعالان این صنعت در ایران محسوب شود.

مدیریت صحیح منابع ژنتیکی و اجرای برنامه‌های مؤثر اصلاح نژاد در گونه‌های مختلف آبریان، نه تنها به کاهش وابستگی به واردات کمک می‌کند، بلکه باعث افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت محصولات تولیدی نیز می‌شود. با استفاده از دانش و تجربیات بین‌المللی که در این کتاب ارائه شده و تطبیق آن با شرایط بومی ایران، می‌توان گام‌های مؤثری در جهت تقویت زیرساخت‌های علمی و فنی این صنعت برداشت.

اندیشکده توسعه پایدار آبریان امیدوار است که با انتشار این کتاب و ارتقاء سطح آگاهی‌ها در زمینه ژنتیک و اصلاح نژاد، بتواند سهمی مؤثر در رشد و توسعه پایدار صنعت آبی‌پروری در کشور ایفا کند. این تلاش‌ها در راستای افزایش خودکفایی، بهبود کیفیت محصولات و در نهایت؛ ارتقاء امنیت غذایی کشور بسیار ضروری و حیاتی است.

در پایان لازم است از جناب آقای دکتر حسینعلی عبدالحی و سرکار خانم دکتر مریم نفری یزدی که مسئولیت ترجمه این کتاب را بر عهده گرفتند، تشکر و قدردانی نمائیم.

حمید رضا مجتبوی

دبیرکل اندیشکده توسعه پایدار آبریان

مقدمه مترجمین

کمیته شیلاتی فائو در نوزدهمین نشست خود در ماه مارس ۱۹۹۱، خواستار ایجاد مفاهیم جدیدی گردید که منجر به صید مسئولانه و پایدار شود. در نتیجه، کنفرانس بین المللی درخصوص ماهیگیری مسئولانه در سال ۱۹۹۲ در کانکون مکزیک با هدف پیگیری درخواست سازمان فائو برای مقابله با این مشکلات از طریق تهیه آئین نامه اجرایی بین المللی گردید. پیامد این کنفرانس به ویژه اعلامیه کانکون، سهم بسزائی در برگزاری کنفرانس ۱۹۹۲ سازمان ملل متحد در زمینه محیط زیست و توسعه پایدار داشت.

با توجه به این نکات و دیگر تحولات مهم در عرصه ماهیگیری جهان، کمیته ماهیگیری فائو خواستار تدوین آیین نامه جامع ماهیگیری مسئولانه گردید و همگام با این اقدامات، در فرایندی قانونی، اصول و معیارهای قابل استفاده برای حفظ مدیریت و توسعه تمامی واحدهای شیلاتی را فراهم آورد. این آئین نامه که تاریخ ۳۱ اکتبر ۱۹۹۵ به اتفاق در کمیته شیلات فائو به تصویب رسید، چهارچوب قانونی لازم برای اتخاذ اقدامات ملی و بین المللی جهت تضمین بهره برداری پایدار از ذخایر زنده آبی و سازگار با محیط زیست را در اختیار قرار داد.

به دنبال انتشار آیین نامه ماهیگیری مسئولانه که در برگیرنده اصول و معیارهای رفتاری بین المللی به منظور حفاظت موثر، مدیریت و توسعه ذخایر زنده آبی، محیط زیست و تنوع زیستی آبیان است، فائو اقدام به انتشار مجموعه "راهنماهای های فنی" کرده است. این مجموعه ها که توسط بخش های مختلف سیاستگذاری، برنامه ریزی، حقوقی فائو و با همکاری کارشناسان، دانشگاه ها، سازمانهای دولتی، شرکتهای ماهیگیری و سازمانهای غیر دولتی از کشورهای مختلف تهیه شده است، نیازهای مدیریت مدیریت های صید، آبی پروری و کلیه فعالیتهای این حوزه کاری و عمده ترین تنگناهای فعالیت های مذکور را مورد توجه قرار می دهد. شیلات ایران در حیطه وظایف خود و نیز به منظور هماهنگی نظام صید و آبی پروری کشور با اصول و معیارهای جهانی اقدام به ترجمه و انتشار آیین نامه ماهیگیری مسئولانه در سال ۱۳۷۵ نمود. تا کنون ۲۰ کتابچه، با عناوین زیر، از زیر مجموعه "دستورالعمل های فنی ماهیگیری مسئولانه" توسط فائو منتشر شده که تعدادی از آن ها ترجمه شده است :

- ۱- عملیات صید
- ۲- رویکرد احتیاطی در صید و معرفی گونه ها در محیط های جدید
- ۳- ادغام شیلات با مدیریت مناطق ساحلی
- ۴- مدیریت صید
- ۵- توسعه آبی پروری
- ۶- صید در آب های داخلی
- ۷- بهره برداری مسئولانه ماهی
- ۸- شاخص های توسعه پایدار صید دریایی
- ۹- پیاده سازی طرح بین المللی برای اقدام لازم برای جلوگیری از صید بی رویه و غیرقانونی
- ۱۰- افزایش مشارکت ماهیگیری خرد به منظور فقرزدایی و امنیت غذایی
- ۱۱- تجارت مسئولانه ماهی
- ۱۲- به اشتراک گذاری دانش و اطلاعات
- ۱۳- ماهیگیری تفریحی
- ۱۴- مدیریت منابع ژنتیکی
- ۱۵- حکمرانی در آبی پروری
- ۱۶- استفاده از ماهی وحشی به عنوان خوراک در آبی پروری
- ۱۷- رویکرد احتیاطی در صید و معرفی گونه ها در محیط جدید
- ۱۸- همسازی شیلات با مدیریت مناطق ساحلی
- ۱۹- مدیریت بهداشتی جابجایی مسئولانه حیوانات زنده
- ۲۰- توسعه منابع ژنتیکی آبی: چارچوب معیارهای ضروری

این کتاب با حمایت اندیشکده توسعه پایدار آبریان ترجمه شده است تا بتواند استفاده مسئولانه از اصول ژنتیکی در آبرزی پروری را در ابعاد مدیریت مولدین، مدیریت و اهلی سازی، برنامه های بهبود ژنتیکی، برنامه های توزیع ماهی های بهبود یافته ژنتیکی، ملاحظات اقتصادی در برنامه های بهبود ژنتیکی، ارزیابی ریسک و پایش، صید بر مبنای آبرزی پروری، حفاظت منابع ژنتیکی ماهی و بانکهای ژن، به سیاست گذاران، دانشمندان و دیگران علاقه مند به ماهیگیری و توسعه آبرزی پروری مسئولانه منتقل نماید. انتظار می رود که مدیریت مؤثر منابع ژنتیکی، ارزیابی ریسک و نظارت و توسعه آبرزی پروری مسئولانه باعث افزایش تولید محصولات آبرزی پروری، افزایش بهره وری و کمک به حداقل رساندن اثرات منفی بر محیط زیست شود.

حسینعلی عبدالحی و مریم نفری یزدی

خلاصه:

این دستورالعمل فنی برای پشتیبانی از بخش‌هایی از آیین‌نامه فائو برای ماهیگیری مسئولانه در مورد جنبه‌های مدیریت منابع ژنتیکی در آبی‌پروری تدوین شده است. این راهنما شامل مدیریت مولدین و اهلی‌سازی، برنامه‌های بهبود ژنتیکی، برنامه توزیع برای ماهی‌های بهبودیافته ژنتیکی، ملاحظات اقتصادی در برنامه‌های بهبود ژنتیکی، ارزیابی ریسک و پایش، تولید در منابع آبی، حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهی، بانک‌های ژن، رویکردها پیشگیرانه و روابط عمومی است. مدیریت مؤثر منابع ژنتیکی، ارزیابی ریسک و پایش می‌تواند به ترویج آبی‌پروری مسئولانه با افزایش بازده تولید و به حداقل رساندن آثار نامطلوب بر محیط‌زیست کمک نماید. مزایای کاربرد مسئولانه اصول ژنتیکی در آبی‌پروری، باید به مصرف‌کنندگان، سیاست‌گذاران، دانشمندان و سایر علاقه‌مندان مسئول در ماهیگیری و آبی‌پروری اطلاع‌رسانی شود.

لیست مشارکت‌کنندگان در تدوین دستورالعمل:

Devin M. Bartley, Fisheries and Aquaculture, Department FAO, Viale delle Terme, di Caracalla, 00153 Rome, Italy, E-mail: devin.bartley@fao.org.

Malcolm C. M. Beveridge, The WorldFish Center, Box 1261 Maadi 11728, Cairo, Egypt, E-mail: m.beveridge@cgiar.org.

Randall E. Brummett, The WorldFish Center, PO Box 228 (Messa), Yaoundé, Cameroon, E-mail: r.brummett@cgiar.org.

R. J. Lawton, WorldFish Center, 3, Abu El Feda St, 6th Floor, Zamalek, Cairo, Egypt, Anne Kapuscinski, Department of Fisheries, Wildlife, and Conservation Biology, University of Minnesota, 200 Hodson Hall, 1980 Folwell Ave. St. Paul, MN 55108, United States of America, E-mail: kapus001@umn.edu.

Brian J.L. Harvey, 755 Emerson St. Victoria, B.C. Canada V8R 2C2, E-mail: bjharvey@telus.net.

Graham Mair, School of Biological Sciences, Flinders University, GPO Box 2100, Adelaide, South Australia 5001, Australia, E-mail: graham.mair@flinders.edu.au.

Raul W. Ponzoni, The WorldFish Center, Jalan Batu Maung, 11960 Batu Maung, Penang, Malaysia, E-mail: r.ponzoni@cgiar.org.

Roger S. V. Pullin, FAO Consultant, 7A Legaspi Park View, 134 Legaspi St Makati City, Philippines, E-mail: karoger@pacific.net.ph.

Douglas Tave, New Mexico Interstate Stream Commission, 121 Tijeras NE, Suite 2000, Albuquerque, NM 87102, United States of America, E-mail: douglas.tave@state.nm.us.

فهرست مطالب:

پیشینه:	۱۹
۱- مقدمه	۲۲
۱-۱- میزان تنوع ژنتیکی و نیاز به مدیریت منابع ژنتیکی	۲۳
۱-۲- مواد مرتبط با آیین نامه	۲۵
۲- تنظیمات بین المللی	۲۷
۳- مدیریت مولدین، همخونی، رانش ژنتیکی و اهلی سازی	۳۳
۳-۱- مقدمه	۳۳
۳-۲- همخونی	۳۳
۳-۳- رانش ژنتیکی	۴۱
۳-۴- اهلی سازی	۵۰
۳-۵- محدودیت ها و فرصت ها	۵۲
۴- روش های بهبود ژنتیکی در آبی پرووری	۵۳
۴-۱- مقدمه	۵۳
۴-۲- بهبود ژنتیکی در آبی پرووری	۵۳
۴-۳- رویکردهای پیشرفت ژنتیکی	۵۵
۴-۳-۱- به گزینی	۵۵
۴-۳-۲- هیبریداسیون و تلاقی متقابل	۶۲
۴-۳-۳- دستکاری مجموعه کروموزوم	۶۵
۴-۳-۴- کنترل جنسیت	۶۷
۴-۳-۵- انتقال ژن	۷۰
۴-۳-۶- نشانگرهای ژنتیکی و انتخاب بر اساس مارکرها	۷۳
۴-۴- وضعیت فعلی بهبود ژنتیکی و سناریوهای آینده	۷۹
۵- توزیع سویه های بهبود ژنتیکی یافته و قراردادهای انتقال مواد ژنتیکی	۸۱

- ۵-۱- مقدمه ----- ۸۱
- ۵-۲- انتقال یک‌سویه بهبودیافته به کشور دیگر ----- ۸۲
- ۵-۲-۱- مقدمه ----- ۸۲
- ۵-۲-۲- دستورالعمل انتقال ----- ۸۳
- ۵-۲-۳- موافقت‌نامه انتقال مواد ژنتیکی (MATs) ----- ۸۴
- ۵-۲-۴- پروتکل‌های انتقال ----- ۸۴
- ۵-۲-۴-۱- صادر کردن (انتقال) کشور یا سازمان ----- ۸۵
- ۵-۲-۴-۲- واردات (دریافت) یک کشور یا سازمان ----- ۸۶
- ۵-۳- انتشار یک‌سویه بهبودیافته ژنتیکی در داخل یک کشور ----- ۸۹
- ۵-۴- بحث ----- ۹۱
- ضمیمه: قرارداد نقل و انتقال مواد (MTAs) ----- ۹۳

۶- ملاحظات اقتصادی مرتبط با برنامه‌های بهبود ژنتیکی ----- ۹۵

- ۶-۱- شواهدی در مورد بهبود ژنتیکی ----- ۹۵
- ۶-۲- عوامل محدودکننده در پذیرش گسترده فناوری ----- ۹۵
- ۶-۳- اهداف اصلاح نژاد ----- ۹۶
- ۶-۴- هزینه و سود یک برنامه بهبود ژنتیکی ----- ۹۹
- ۶-۵- عوامل مؤثر بر سود اقتصادی و نسبت سود به هزینه برنامه‌های بهبود ژنتیکی ----- ۱۰۰
- ۶-۶- سودمندی کلی نتایج ----- ۱۰۱
- ۶-۷- موقعیتیابی مقادیر پارامتر پایه در شرایط واقعی ----- ۱۰۳
- ۶-۸- تحلیل حساسیت ----- ۱۰۴
- ۶-۸-۱- عوامل بیولوژیک ----- ۱۰۴
- ۶-۸-۲- عوامل اقتصادی ----- ۱۰۵
- ۶-۸-۳- کارایی عملیاتی ----- ۱۰۶
- ۶-۸-۴- خلاصه آنالیز حساسیت ----- ۱۰۷
- ۶-۹- شانس موفقیت ----- ۱۰۷

۱۰-۶- ملاحظات نتایج ----- ۱۰۸

۷- مطالعات ارزیابی ریسک و نظارت بر برنامه‌های اصلاح نژاد و بهبود ژنتیکی آبزیان ---- ۱۱۰

۷-۱- مقدمه ----- ۱۱۰

۷-۲- آیین‌نامه ----- ۱۱۱

۷-۳- قوانین ----- ۱۱۱

۷-۳-۶- ارزیابی و مدیریت ریسک مورد به مورد ----- ۱۱۷

۷-۴- ارزیابی اثرات ژنتیکی ----- ۱۱۷

۷-۵- ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی ----- ۱۱۹

۷-۶- تحلیل ابهامات ----- ۱۲۰

۷-۷- مدیریت خطرات اکولوژیکی ----- ۱۲۱

۷-۷-۱- محدود کردن موجودات تغییر یافته ژنتیکی ----- ۱۲۱

۷-۷-۲- نظارت بر حضور و آثار اکولوژیکی موجودات زنده تغییر یافته ژنتیکی) ----- ۱۲۲

۷-۸- محدودیت‌ها و فرصت‌ها ----- ۱۲۳

۷-۹- نتیجه‌گیری ----- ۱۲۴

۸- صید بر پایه آبرزی‌پروری ----- ۱۲۶

۸-۱- اصول عمومی ----- ۱۲۶

۸-۲- برنامه مدیریت منابع ژنتیکی با هدف صید بر پایه آبرزی‌پروری ----- ۱۲۷

۸-۲-۱- صید بر پایه آبرزی‌پروری به منظور تکثیر و تولیدمثل ذخایر با گونه‌های بومی --- ۱۲۸

۸-۲-۱-۱- انتخاب ذخیره مناسب ----- ۱۲۸

۸-۲-۱-۲- انتخاب روش‌های مناسب تفریخ ----- ۱۲۹

۸-۲-۲- صید بر پایه آبرزی‌پروری به منظور تکثیر و تولیدمثل ذخایر با یکدیگر ----- ۱۳۰

۸-۲-۳- صید بر پایه آبرزی‌پروری با هدفی غیر از تکثیر و تولیدمثل ----- ۱۳۱

۸-۳- نظارت، ارزیابی و ارائه گزارش ----- ۱۳۲

۹- حفاظت از منابع ژنتیکی ماهیان وحشی و آبرزی‌پروری ----- ۱۳۴

۹-۱- مقدمه ----- ۱۳۴

- ۹-۲- منابع ژنتیکی ماهیان وحشی ----- ۱۳۴
- ۹-۳- اهمیت برای آبرزی پروری ----- ۱۳۶
- ۹-۴- رویکردهای مدیریتی ----- ۱۳۷
- ۹-۴-۱- طبقه‌بندی و اولویت‌بندی ----- ۱۳۷
- ۹-۴-۲- چشم‌اندازهای درون بخشی ----- ۱۳۹
- ۹-۴-۳- تلفیق آبرزی پروری و حفاظت از منابع ژنتیکی ----- ۱۴۱
- ۹-۴-۴- حفاظت طبیعی (زنده) ----- ۱۴۲
- ۹-۴-۵- حفاظت در شرایط آزمایشگاهی ----- ۱۴۳
- ۹-۵- اطلاعات ----- ۱۴۵
- ۹-۶- پرورش آبرزیان حفاظت شده برای ماهی‌های در معرض خطر ----- ۱۴۷
- ۹-۷- خلاصه ----- ۱۴۸

۱۰- بانک منابع ژنتیکی آبرزیان ----- ۱۵۰

- ۱۰-۱- مقدمه ----- ۱۵۰
- ۱۰-۲- بانک‌های ژنی طبیعی (زنده) و آزمایشگاهی ----- ۱۵۰
- ۱۰-۳- تاریخچه ----- ۱۵۱
- ۱۰-۴- راهنمایی در مورد بانک‌های گامت‌ها و جنین‌های منجمد ----- ۱۵۱
- ۱۰-۵- راهنمایی در مورد بانک‌های ژن زنده (مجموعه‌های نگهداری مولد) ----- ۱۵۳
- ۱۰-۶- مدیریت داده‌ها ----- ۱۵۳
- ۱۰-۷- پیامدهای سیاست ----- ۱۵۳
- ۱۰-۸- تأسیس یک بانک ژن آبرزیان ----- ۱۵۴

۱۱- یک رویکرد پیشگیرانه ----- ۱۵۶

- ۱۱-۱- یک رویکرد ----- ۱۵۶
- ۱۱-۲- نتیجه‌گیری ----- ۱۶۰

۱۲- روابط عمومی و آگاهی به مصرف‌کننده ----- ۱۶۲

- ۱۲-۱- مقدمه ----- ۱۶۲

۱۶۳-----۱۲-۲- استراتژی ارتباطات

۱۶۵-----۱۲-۲-۱- مخاطبان خود را بشناسید

۱۶۶-----۱۲-۲-۲- ایجاد شرکایی برای کمک به ارتقای برنامه‌های مدیریت ژنتیکی

۱۶۷-----۱۲-۲-۳- از بخش‌های دیگر بیاموزید

۱۶۸-----۱۲-۲-۴- از اصطلاحات دقیق و منطبق با ملی و بین‌المللی استفاده کنید

۱۶۸-----۱۲-۳- نتیجه‌گیری

۱۷۰----- پیوست ۱: بیانیه نایروبی

۱۷۰-----زمینه

۱۷۱-----توصیه‌ها

۱۷۴-----منابع

پیشینه:

۱- از زمان‌های بسیار قدیم ماهیگیری منبع اصلی غذا برای بشر و فراهم کننده اشتغال و منافع اقتصادی برای مردم مشغول به این فعالیت بوده است. باین‌حال با افزایش دانش و پویایی توسعه شیلات متوجه شدم که منابع آبزیان زنده اگرچه تجدیدپذیر هستند اما نامحدود نیستند و نیاز است که به‌درستی مدیریت شوند تا مشارکتشان در تغذیه، اقتصاد و رفاه اجتماعی جمعیت در حال رشد جهان پایدار باشد.

۲- کنوانسیون حقوق سازمان ملل متحد با تصویب قانون دریا در سال ۱۹۸۲ چهارچوبی جدید برای مدیریت بهتر دریانوردی فراهم کرد. منابع رژیم حقوقی جدید اقیانوس‌ها به کشورهای ساحلی حق مدیریت و استفاده از منابع شیلات را در داخل حوزه‌های قضایی ملی به آن‌ها داد که حدود ۹۰ درصد از مناطق شیلات دریایی جهان را در برمی‌گیرد.

۳- در سال‌های اخیر شیلات جهان به‌طور پویا به بخش توسعه صنایع غذایی تبدیل شده است و بسیاری از کشورها تلاش کرده‌اند از فرصت‌های جدید خود با سرمایه‌گذاری در ناوگان‌های ماهیگیری مدرن و کارخانه‌های فرآوری در پاسخ به افزایش تقاضای بین‌المللی برای ماهی و محصولات شیلات استفاده کنند. باین‌حال مشخص شد وقتی که از منابع شیلات افزایش برداشت غیرقابل کنترل انجام شود، نمی‌تواند پایدار باشد.

۴- نشانه‌های آشکار بهره‌برداری بیش‌ازحد ذخایر مهم ماهی شامل: تغییرات اکوسیستم‌ها ضررهای اقتصادی قابل توجه و درگیری‌های بین‌المللی در مدیریت و تجارت ماهی است که پایداری طولانی‌مدت شیلات و سهم شیلات در تأمین مواد غذایی را تهدید می‌کند. بنابراین جلسه نوزدهم کمیته شیلات فائو (COFI) که در مارس ۱۹۹۱ برگزار شد توصیه کرد که رویکردهای جدیدی در زمینه مدیریت شیلات با حمایت از حفاظت محیط‌زیست و همچنین ملاحظات اجتماعی و اقتصادی فوراً مورد نیاز است. از فائو خواسته شد تا مفهوم ماهیگیری مسئولانه و تدوین آیین‌نامه را به منظور تقویت کاربرد آن توسعه دهد.

۵- متعاقباً دولت مکزیک با همکاری فائو کنفرانس بین‌المللی ماهیگیری مسئولانه را در ماه می

سال ۱۹۹۲ در کنکون^۱ برنامه‌ریزی کرد. بیانیه کنفرانس که در کنکون تصویب شد مورد توجه اجلاس سران UNCED در ریودوژانیرو^۲ قرار گرفت و برزیل در ژوئن سال ۱۹۹۲ تدوین آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه را حمایت کرد. جلسه مشاوره فنی فائو برای ماهیگیری مسئولانه در مورد ماهیگیری در دریاها آزاد در سپتامبر ۱۹۹۲ برگزار شد و در آن توصیه شد آیین‌نامه‌ای برای رسیدگی به مسائل ماهیگیری در دریاها آزاد تدوین شود.

۶- در یکصد و دومین اجلاس شورای فائو در نوامبر ۱۹۹۲ در مورد تدوین آیین‌نامه بحث و توصیه شد که اولویت به مسائل دریاها آزاد داده شود و در آن جلسه درخواست شد که پیشنهادهای این آیین‌نامه به جلسه ۱۹۹۳ کمیته ماهیگیری ارائه شود.

۷- بیستین جلسه COFI در مارس ۱۹۹۳ برگزار شد در این جلسه چهارچوب و محتوای پیشنهادی برای آیین‌نامه بررسی شد از جمله تدوین دستورالعمل‌ها و یک چهارچوب زمانی برای توضیحات بیشتر آیین‌نامه. همچنین از فائو درخواست شد که به صورت «سریع» بخشی از آیین‌نامه را به عنوان پیشنهادی برای جلوگیری از پرچم‌گذاری مجدد کشتی‌های ماهیگیری تهیه کند که بر اقدامات حفاظتی و مدیریتی در دریاها آزاد تأثیر می‌گذارد. این امر منجر به آن شد که کنفرانس فائو در بیست و هفتمین نشست خود در نوامبر ۱۹۹۳ موافقت‌نامه ارتقای انطباق با اقدامات بین‌المللی حفاظت و مدیریت توسط کشتی‌های ماهیگیری در دریاها آزاد را تصویب کرد که بر اساس قطعنامه ۱۵/۹۳ کنفرانس فائو بخشی جدایی‌ناپذیر از آیین‌نامه را تشکیل می‌دهد.

۸- این آیین‌نامه به گونه‌ای تنظیم شده است که مطابق با قواعد مربوط به حقوق بین‌الملل همان‌طور که در کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد حقوق دریاها به سال ۱۹۸۲ منعکس شده است و همچنین با موافقت‌نامه اجرای مفاد این قانون کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد حقوق دریاها مورخ ۱۰ دسامبر ۱۹۸۲ در رابطه با حفظ و مدیریت ذخایر ماهیان پراکنده و ذخایر ماهیان بسیار مهاجر ۱۹۹۵، و از جمله، اعلامیه ۱۹۹۲ کانکون و اعلامیه ۱۹۹۲ ریو در مورد محیط‌زیست و توسعه به‌ویژه فصل ۱۷ دستور کار ۲۱ تفسیر و اعمال شود.

^۱ Cancún

^۲ Rio de Janeiro

۹- توسعه این آیین‌نامه بر عهده فائو با مشورت و همکاری آژانس‌های مرتبط سازمان ملل متحد و سایر سازمان‌های بین‌المللی از جمله سازمان‌های غیردولتی بوده است.

۱۰- آیین‌نامه شامل پنج بخش مقدماتی است: ماهیت و دامنه، اهداف، رابطه با سایر اسناد بین‌المللی، مرحله اجرایی، پایش و به‌روزرسانی و الزامات ویژه کشورهای در حال توسعه. پس از این بخش‌های مقدماتی بخشی درباره اصول کلی ارائه می‌شود که قبل از شش بخش موضوعی در مورد مدیریت شیلات عملیات ماهیگیری، توسعه آبی‌پروری، ادغام شیلات در مدیریت مناطق ساحلی، شیوه‌ها و تجارت پس از برداشت و تحقیقات شیلات است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد موافقت‌نامه انطباق با اقدامات حفاظتی و مدیریتی بین‌المللی توسط کشتی‌های ماهیگیری در دریای آزاد که بخشی جدایی‌ناپذیر از آیین‌نامه را تشکیل می‌دهد، ارتقا می‌دهد.

۱۱- این آیین‌نامه داوطلبانه است. با این حال قسمت‌های خاصی از آن بر اساس قوانین مربوط به حقوق بین‌الملل پایه‌گذاری شده است همان‌طور که در کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد حقوق قانون دریاها در ۱۰ دسامبر ۱۹۸۲ منعکس شده است. این آیین‌نامه همچنین شامل مقرراتی است که ممکن است از طریق قوانین الزام‌آور بوده یا قبلاً به‌وسیله نوشتن اسناد حقوقی اجباری بین طرفین اجرا شده باشد مانند موافقت‌نامه ارتقای انطباق با اقدامات حفاظتی و مدیریتی توسط شناورهای ماهیگیری در دریاها در ۱۹۹۳.

۱۲- در بیست‌وهشتمین جلسه کنفرانس در قطعنامه ۹۵/۴ آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه را در ۳۱ اکتبر ۱۹۹۵ تصویب کرد. همین قطعنامه از فائو ضمناً درخواست کرد دستورالعمل‌های فنی مناسبی را در حمایت از اجرای آیین‌نامه با همکاری اعضا و سازمان‌های ذی‌ربط علاقه‌مند تهیه کند.

۱- مقدمه

امروزه نقش آبروی پروری در تولید غذا، توسعه اقتصادی و امنیت غذایی به خوبی شناخته شده است. آبروی پروری به عنوان بخش تولید غذایی که سریع ترین رشد را دارد وعده کمک به تأمین غذای جمعیت رو به رشد انسان را می دهد؛ زیرا بسیاری از منابع صید در جهان به محدودیت های بیولوژیکی تولید خود رسیده اند یا به دلیل صید بیش از حد و تخریب زیستگاه کاهش یافته اند. نقش آبروی پروری در حفاظت و بازیابی گونه های تهدید شده و در معرض خطر کمتر شناخته شده است. در حقیقت آبروی پروری غالباً در کمک به کاهش خطر از بین رفتن تنوع زیستی آبریان نقش داشته است.

بخش آبروی پروری پیشرفت های چشمگیری در افزایش تولید و حفاظت از محیط زیست داشته است. با این حال اکنون از بخش آبروی پروری به دلیل تخریب زیستگاه آبریان از طریق رهاسازی پساب هایی که حاوی غذای خورده نشده، مواد زائد و داروها، فرار ماهی از مزرعه است انتقاد می شود. پتانسیل بهبود تولید آبریان به شکل کارآمد و پایداری زیست محیطی در این بخش وجود دارد که مدیریت مؤثر منابع ژنتیکی آبروی می تواند در رسیدگی به همه مسائل فوق کمک کند.

ماهی اصلاح نژاد شده (فصل های ۴، ۵ و ۶) سریع تر رشد می کند و از مواد غذایی به صورت مؤثرتر استفاده و مواد زائد کمتری تولید می کند. ماهی های مقاوم به بیماری به درمان های دارویی کمتری احتیاج دارند. برخی از ماهی های پرورشی می توانند عقیم شوند تا احتمال تکثیر آن ها از طریق جفت گیری با گونه های بومی یا ایجاد جمعیت های وحشی کاهش یابد.

مدیریت مولدین (فصل ۳ و ۸) برنامه های بهبود ژنتیکی (فصل ها ۴، ۵ و ۶) و بانک ژن (فصل ۱۰) به بهبود تولید و سودآوری و همچنین به نگهداری و حفاظت از منابع وحشی (فصل ۹) کمک می کند. ارزیابی ریسک (فصل ۷) پیروی از دستورالعمل های بین المللی (فصل ۲) و رویکرد پیشگیرانه (فصل ۱۱) به گرفتن تصمیمات خردمندانه کمک خواهد کرد تا از جامعه و محیط زیست محافظت کند. در عین حال اجازه توسعه به این بخش را می دهد.

منابع ژنتیکی آبزیان (FiGR³) شامل کلیه مواد ژنتیکی ماهیان استخوانی و بی‌مهرگان آبزی است که دارای ارزش واقعی یا بالقوه برای صید و آبزی‌پروری است. این منابع شامل DNA، ژن‌ها، گامت‌ها، موجودات، جمعیت‌های وحشی، جمعیت‌های پرورشی و تحقیقاتی، گونه‌ها و موجوداتی هستند که از نظر ژنتیکی تغییر یافته‌اند (برای مثال اصلاح‌نژاد، هیبریداسیون، دستکاری کروموزوم و انتقال ژن). این که چگونه می‌توان از این منابع برای کمک به آبزی‌پروری و تحقق پتانسیل بالقوه آن و حفظ تنوع ژنتیکی ارزشمند گونه وحشی استفاده کرد، موضوع این دستورالعمل است.

هدف از این دستورالعمل‌ها ارائه مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های مختصر است به‌عنوان چهارچوبی که می‌تواند سیاست‌گذاران و مدیران ارشد منابع را جهت بهبود مدیریت منابع ژنتیکی ماهی (FiGR) هدایت کند. در سراسر این دستورالعمل‌ها مدیریت شامل درک مفهوم استفاده و حفاظت از منابع ژنتیکی می‌شود. مدیریت منابع ژنتیکی یک دیدگاه کل‌نگر است که شامل اقتصاد، حفاظت، تجزیه و تحلیل ریسک و عدم قطعیت و همچنین افزایش تولید و سودآوری است.

۱-۱- میزان تنوع ژنتیکی و نیاز به مدیریت منابع ژنتیکی

از میان بیش از ۲۳۰ گونه از حیوانات آبزی و گیاهان پرورشی که فائو آمار آن را دارد فقط تعداد معدودی از آن‌ها دارای برنامه‌های مدیریت منابع ژنتیکی هستند گربه‌ماهی، تیلاپپای نیل، ماهی آزاد اقیانوس اطلس و بسیاری از کپورهای پرورشی مواردی هستند که دستاوردهای چشمگیری در تولید از طریق برنامه‌های بهبود ژنتیکی را نشان می‌دهند. فقط تعداد اندکی گونه در منابع آبی رهاسازی و پرورش داده می‌شوند معمولاً سالمونیدها به‌طور هدفمند رهاسازی می‌شوند به‌طوری‌که آن‌ها یا با ماهیان بومی مطابقت دارند یا کاملاً متفاوت هستند. یک متخصص ژنتیک برجسته با تخمین نشان داده است که شکاف عرضه ناشی از کاهش بازده صید و افزایش جمعیت انسانی را می‌توان به‌سادگی با گنجاندن برنامه‌های بهبود ژنتیکی در سیستم‌های آبزی‌پروری موجود پر کرد (سیستم‌های پرورشی، زمین یا آب بیشتر، نیاز نخواهد بود).

مدیریت منابع ژنتیکی آبزیان (FiGR) برای چیزی بیش از افزایش تولید ضروری است. منابع ژنتیکی علاوه بر اینکه برای برنامه‌های بهبود ژنتیکی در آبزی‌پروری لازم است ماده اولیه

³ Fish Genetic Resources

ضروری‌ای هستند که به گونه‌ها اجازه می‌دهد تا با تغییرات کوتاه‌مدت و بلندمدت در محیط خود سازگار شوند. آن‌ها گونه‌ها، جمعیت‌ها و موجوداتی تولید می‌کنند که در مواجهه با تغییرات محیطی‌ای سازگار هستند که انسان و طبیعت آن را ایجاد کرده است؛ یعنی تنوع ژنتیکی برای ادامهٔ تکامل گونه‌ها لازم است. تنوع ژنتیکی متأثر از تغییرات محیطی است که باعث تولید انواع شکل‌ها، اندازه‌ها، خصوصیات تاریخیچهٔ زندگی، رفتار و رنگ‌هایی می‌شود که گونه‌های آبی را بسیار بارز و جالب جلوه می‌دهند. برخی از این تفاوت‌ها به‌صورت رنگ‌های مختلف ماهی یا الگوهای فلس مختلف است درحالی‌که تفاوت‌های دیگر به‌عنوان الگوهای مهاجرت یا رفتار تولیدمثلی متفاوت ظاهر می‌شوند. بدون تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای، سازگاری، نژاد و تکامل وجود نخواهد داشت. در نهایت با تغییر اقلیم و زیستگاه‌ها انقراض رخ می‌دهد که می‌تواند نتیجهٔ اعمال انسانی یا طبیعی باشد.

کپور معمولی طولانی‌ترین سابقهٔ اهلی‌سازی و بهبود ژنتیکی را برای آبی‌پروری دارد. ماهی آزاد اقیانوس اطلس، گربه‌ماهی و تیلاپیا نیل اخیراً از نظر ژنتیکی بهبود یافته‌اند. با این حال، با موفقیت این برنامه‌های اصلاح نژاد (یعنی تغییر ساختار ژنتیکی یک ماهی وحشی) و استفادهٔ اجتناب‌ناپذیر از این نژادهای بهبودیافته در بسیاری از سیستم‌های پرورشی، مشکل تعامل^۴ بین ذخایر آبی‌پروری بهبودیافته ژنتیکی و خویشاوندان وحشی آن‌ها به وجود می‌آید. بخش آبی‌پروری از وضعیت مطلوبی در جلوگیری از انقراض اقوام وحشی گونه‌های پرورشی برخوردار است، همان‌طور که برای بسیاری از بخش‌های دام و زراعی این امکان وجود داشت.

مدیریت منابع ژنتیکی آبیان باید اهداف مشخصی برای برنامه‌ریزی برنامه‌ها و داوری موفقیت و تأثیرگذاری در این زمینه داشته باشد. این اهداف به هدف امکانات آبی‌پروری بستگی دارد: اینکه آیا این هدف این امکانات، به حداکثر رساندن تولید، به حداکثر رساندن کارایی، کاهش نهاده‌ها، رهاسازی ماهی در منابع آبی، یا کمک به ذخیره مجدد گونه‌های در معرض تهدید یا در معرض خطر است. هر کدام از این اهداف به برنامه‌های مختلف مدیریتی برای منابع ژنتیکی آبیان نیاز دارند.

^۴ Interaction

۲-۱- مواد مرتبط با آیین نامه

این دستورالعمل‌ها بر اساس حوزه‌های موضوعات عمومی سازمان دهی می‌شوند که برای مدیریت منابع ژنتیکی دارای اهمیت هستند و نه بر اساس مواد خاص آیین نامه. این امر به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان منابع فرصت می‌دهد تا راهنمایی‌های لازم در موضوع خاصی از ژنتیک در آبرزی پروری را به سرعت پیدا کنند. با توجه به اهمیت مدیریت منابع ژنتیکی برای اهداف مختلف آبرزی پروری، چندین ماده از آیین نامه وجود دارد که یک فصل خاص با همکاری من اجرا شده است. این دستورالعمل‌ها اطلاعات مربوط به مواد زیر را برای آیین نامه ارائه می‌دهند (فصل‌های مربوطه گنجانده شده است).

ماده ۲- اهداف آیین نامه:

2e: تسهیل و ارتقای همکاری‌های فنی، مالی و غیره در حفاظت از منابع شیلات (از جمله آبرزی پروری) و مدیریت و توسعه شیلات (فصل ۲، ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱).

2g: حفاظت از منابع آبرزی زنده و محیط‌زیست آن‌ها و نواحی ساحلی (فصل ۲، ۵، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱).

ماده ۶- اصول کلی:

۲-۶: مدیریت شیلات باید حفظ کیفیت، تنوع و در دسترس بودن منابع شیلات را در مقادیر کافی برای نسل‌های کنونی و آینده در زمینه امنیت غذایی، کاهش فقر و توسعه پایدار ارتقا دهد. اقدامات مدیریتی نه تنها باید حفاظت از گونه‌های هدف را تضمین کند، بلکه باید گونه‌های متعلق به یک اکوسیستم یا مرتبط یا وابسته به گونه هدف را نیز تضمین کند (فصل ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱).

۸-۶: تمامی زیستگاه‌های آسیب‌پذیر شیلات در اکوسیستم‌های دریایی و آب شیرین مانند تالاب‌ها، جنگل‌های حرا، صخره‌ها، تالاب‌ها، نوزادگاه‌ها و مناطق تخم‌ریزی آبزیان، باید تا حد امکان و در صورت لزوم حفاظت و بازسازی شوند. تلاش ویژه‌ای باید برای حفاظت از این گونه زیستگاه‌ها در برابر تخریب، تنزل، آلودگی و سایر آثار مهم ناشی از فعالیت‌های انسانی انجام شود که سلامت و حیات منابع شیلات را تهدید می‌کند (فصل ۹ و ۱۰).

۲-۶- کشورهای باید در محدوده اختیارات خود و بر طبق قوانین بین‌المللی، از طریق سازمان‌های

مدیریت شیلاتی و یا دیگر توافق‌نامه‌ها و قراردادهای بین‌الملل در جهت انجام اقدامات مدیریتی حفظ ذخایر آبی، در سطوح زیر منطقه‌ای، منطقه‌ای و جهانی به همکاری با یکدیگر پردازند و باید ضامن صید مسئولانه و حفظ و حراست مؤثر ذخایر آبیان در محدوده فعالیت خود باشند و نسبت به ضرورت اتخاذ اقدام‌های مناسب در درون و یا ورای محدوده حاکمیت خود واقف باشند (فصل ۵، ۲ و ۹).

ماده ۷-مدیریت شیلاتی:

d-2-2-7: تنوع زیستی زیستگاه‌های آبیان و اکوسیستم‌های آبی حفظ، و از گونه‌های در معرض خطر محافظت می‌شود (فصل ۹ و ۱۰).

۷-۴-گردآوری اطلاعات و توصیه‌های مدیریتی:

۷-۵-۱-کشورها باید رویکرد پیشگیرانه را به‌طور گسترده برای حفاظت، مدیریت و بهره‌برداری از منابع زنده آبی به منظور حفاظت از آن‌ها و حفظ محیط‌زیست آبی به کار گیرند. فقدان اطلاعات علمی کافی نباید به‌عنوان دلیلی برای به تعویق انداختن یا عدم انجام اقدامات حفاظتی و مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد (فصل ۱۱).

۷-۶-۸-اثر بخشی اقدامات حفاظتی و مدیریتی و آثار متقابل احتمالی آن‌ها باید تحت بررسی مداوم باشد. چنین اقداماتی باید در صورت لزوم، در سایه اطلاعات جدید مورد تجدیدنظر قرار گیرند و یا لغو شوند (فصل ۸ و ۹ و ۱۱).

ماده ۹- توسعه آبی پروری:

۹-۱-۱-کشورها باید توسعه و مدیریت مسئولانه آبی پروری، از جمله ارزیابی آثار توسعه آبی پروری بر تنوع ژنتیکی و یکپارچگی اکوسیستم را بر اساس بهترین اطلاعات علمی موجود، ارتقا دهند (همه فصول).

۹-۱-۳-کشورها باید استراتژی‌ها و برنامه‌های توسعه آبی پروری را در صورت لزوم تهیه و به‌روز کنند، تا اطمینان حاصل شود که توسعه آبی پروری از نظر اکولوژیکی پایدار است و اجازه استفاده عاقلانه از منابع را به آبی پروری و سایر فعالیت‌ها می‌دهد (فصل ۷، ۸، ۹ و ۱۱).

۹-۳-۱-کشورها باید با مدیریت مناسب، تنوع ژنتیکی و یکپارچگی جمعیت آبیان و اکوسیستم

دریایی را حفظ کنند. به‌ویژه، باید تلاش‌هایی برای به حداقل رساندن آثار مضر ورود گونه‌های غیربومی یا ذخایر تغییر ژنتیکی تغییر یافته صورت گیرد که مورد استفاده برای آبی‌پروری از جمله پرورش در منابع آبی است؛ به‌ویژه موقعی که زمینه بالقوه فراوانی برای پخش شدن این قبیل از گونه‌های غیربومی و تغییر ژنتیکی یافته به درون آب‌های تحت حاکمیت کشورهای دیگر و یا محدوده آبی تحت حاکمیت کشور مبدأ وجود داشته باشد. دولت‌ها در صورت امکان، باید برای کاستن آثار ژنتیکی نامطلوب و بیماری‌های حاصل از ورود گونه‌های پرورشی به درون جمعیت گونه‌های طبیعی، اقدامات لازم را به عمل آورند (فصل ۲، ۵، ۸، ۹ و ۱۰).

۹-۳-۳-کشورها باید به منظور به حداقل رساندن خطرات انتقال بیماری و سایر آثار نامطلوب بر روی ذخایر طبیعی و پرورشی، شیوه‌های مناسبی اتخاذ کنند که در بهبود ژنتیکی مولدین، معرفی گونه‌های غیربومی، تولید، فروش و حمل‌ونقل تخم، لارو یا نوزاد ماهی، مولدین یا سایر اقلام زنده مؤثر باشد. بدین منظور دولت‌ها باید شرایط تدوین و اجرای آیین‌نامه‌ها و رویه‌های ملی مناسب را فراهم نمایند (فصل ۵، ۴، ۳، ۸ و ۹).

۹-۳-۵-دولت‌ها، در صورت لزوم، باید فعالیت‌های تحقیقاتی را گسترش دهند و در حد امکان، به توسعه روش‌های پرورشی گونه‌های در معرض خطر^۵ با توجه به نیاز مبرم برای حفظ تنوع ژنتیکی گونه‌های در معرض خطر^۶ به بازسازی و افزایش ذخایر آن‌ها بپردازند (فصل ۳ و ۹).

۲- تنظیمات بین‌المللی

آیین‌نامه رفتار ماهیگیری مسئولانه (CCRF^۵) و جامعه بین‌المللی به نقش حیاتی منابع ژنتیکی از جمله FiGR در توسعه و حفاظت پایدار پی برده‌اند. در نتیجه، سازوکارها، دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های بین‌المللی اجرایی تدوین شده است. کنوانسیون تنوع زیستی (CBD^۶) (۱) از اجلاس زمین در سال ۱۹۹۲ حاصل شد که تعداد بیشتری امضاکننده در مقایسه با دیگر قوانین بین‌المللی دارد. این یک ابزار الزام‌آور قانونی است که برای حفاظت و استفاده پایدار از تنوع زیستی (از جمله تنوع ژنتیکی) و به اشتراک‌گذاری عادلانه منافع حاصل از آن بدان نیاز است. در تشخیص

^۵ Code of Conduct for Responsible Fisheries

^۶ Convention on Biological Diversity

نیاز به مشاوره علمی و فناوری به منظور اجرای مواد کنوانسیون، CBD یک کمیته فرعی در زمینه مشاوره علمی، فنی و فناوری (SBSTTA⁷) تأسیس کرد. علاوه بر این CBD، پروتکل کارتاگنا⁸ در مورد امنیت زیستی را ایجاد کرد (۲)؛ مجموعه‌ای الزام‌آور از پروتکل‌های بین‌المللی در مورد جابجایی بین‌المللی موجودات تغییر یافته ژنتیکی (GMOs⁹) یعنی موجودات تراریخته، CBD مشابه CCRF نیاز به استفاده و حفظ تنوع زیستی را به رسمیت می‌شناسد.

رویکرد احتیاطی در توسعه، یک ویژگی اساسی در هر دو بحث CBD و CCRF است. گذشته از توافق برای محتاط بودن و استفاده از بهترین اطلاعات موجود، در عمل، نظرات مختلفی راجع به این رویکرد وجود دارد؛ در فصل یازدهم به این موضوع پرداخته شده است.

کنوانسیون تجارت بین‌المللی انواع جانوران و گیاهان در معرض خطر (CITES¹⁰) یکی دیگر از ابزارهای مهمی است که بر روی مدیریت منابع ژنتیکی ماهی تأثیر می‌گذارد. سایتس تجارت بین‌المللی گونه‌هایی را که در حیات وحش در معرض تهدید هستند، محدود می‌کند. درجه تهدید یا خطر نشان می‌دهد که تجارت چقدر محدود خواهد بود. برخی از گونه‌های آبی که در معرض تهدید هستند مثل ماهیان خاویاری (Acipenseriformes) و آروانا یا ماهی دراگون (*Scleropages formosus*) پرورش داده می‌شوند. در تجارت بین‌المللی این گونه‌ها باید اطمینان حاصل شود که گونه‌هایی که معامله می‌شوند، در واقع از مزارع دارای مجوز هستند و نه از طبیعت، و اینکه تجارت گونه‌های پرورشی، بازاری برای گونه‌های در معرض خطر در طبیعت ایجاد نمی‌کند. نشانگرهای ژنتیکی و شناسایی ذخایر ژنتیکی برای کمک به تمایز گونه‌ها و ذخایر وحشی و پرورشی استفاده می‌شود.

کنوانسیون رامسر درباره تالاب‌ها، کشورها را به شناسایی و حفاظت تالاب‌ها موظف می‌کند، از جمله مناطق ساحلی و مناطق جزر و مدی که از نظر ملی مهم هستند. معیارهای اصلی برای تعیین اهمیت نقش تالاب‌ها در حفظ تنوع زیستی وحشی در درجه اول پرندگان آبی بود. با این حال، رامسر معیارهایی را برای استفاده تاریخی از تالاب‌ها به عنوان یک منبع شیلاتی

⁷ Scientific, Technical and Technological Advice

⁸ Cartagena Protocol

⁹ Genetically Modified Organisms

¹⁰ Convention on International Trade in Endangered Species

گسترش داد (۳) و اکنون امکان پرورش آبزیان گونه‌های بومی را به‌عنوان یک فعالیت قابل قبول در سایت‌های رامسر فراهم می‌کند. با این حال، پرورش گونه‌های بومی می‌تواند سرانجام منجر به اهلی شدن و تغییر ژنتیکی آن‌ها از طریق انتخاب طبیعی در محیط‌های مزرعه و برنامه‌های اصلاح نژاد شود.

فائو و سایرین دستورالعمل‌های خاص‌تری را تهیه کرده‌اند که به‌طور غیرمستقیم برای مدیریت منابع ژنتیکی استفاده می‌شوند. دستورالعمل‌های فنی در مورد آبی‌پروری برای موضوعات کلی مربوط به منابع ژنتیکی ماهی تهیه شده است. (۴) فائو، مرکز جهانی ماهی (WFC¹¹) و سایر سازمان‌ها، بیانیه نایروبی را (ضمیمه ۱) بر اساس توصیه‌هایی برای واردات تیلاپیا بهبودیافته ژنتیکی به آفریقا ایجاد کردند. این قطعنامه‌های غیرالزام‌آور چهارچوبی را ارائه می‌کنند که در این دستورالعمل‌ها در رابطه با استفاده مسئولانه از ماهی‌های بهبودیافته ژنتیکی در آبی‌پروری توضیح داده شده است.

نگرانی‌های مربوط به سلامت ماهی، نقش عمده‌ای در تجارت و جابجایی گونه‌های آبزیان دارد. انتشار ذخایر بهبودیافته ژنتیکی (فصل ۵) مستلزم تبعیت از سازمان جهانی بهداشت حیوانات (OIE¹²) در رابطه با پاتوژن‌های فرامرزی است. دستورالعمل‌های فنی تدوین شده است (۵) با الزامات OIE و سازمان تجارت جهانی (WTO¹³) مطابقت دارد.

اخیراً فائو در توجه به منابع ژنتیکی آبزیان پیشرفت خوبی داشته است. فقدان مدیریت منسجم منابع ژنتیکی ماهی و سیاست‌ها در واقع به مشکلی در گسترش سریع اخیر آبی‌پروری تبدیل شده است. اعضای فائو و جامعه بین‌المللی خواستار حرکت به سمت آبی‌پروری مسئولانه، پایدار و بهره‌ور شده‌اند. این موفقیت به میزان زیادی به مدیریت مؤثر منابع ژنتیکی ماهی بستگی دارد.

کمیسیون بین دولتی منابع ژنتیکی غذا و کشاورزی فائو، در یازدهمین جلسه خود، اهمیت و آسیب‌پذیری منابع ژنتیکی آبزیان، نقش آن‌ها در رویکرد اکوسیستمی برای غذا و کشاورزی و مشارکت آن‌ها در مواجهه با چالش‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوایی را به رسمیت شناخت. همچنین توافق کرد

¹¹ World Fish Centre

¹² Organization for Animal Health

¹³ World Trade Organization

که برنامه کار ۱۰ ساله خود شامل پوشش منابع ژنتیکی آبزیان، برای توسعه شیلات و آبی پروری مسئولانه با همکاری انجمن ها و سازمان های دیگر، مانند COFI یا UNCLOS باشد. (۶)

کادر ۱. اصطلاحات

اصطلاحات مورد استفاده برای توصیف ارگانیسم هایی که از نظر ژنتیکی با انواع وحشی متفاوت هستند، بسیار مهم است؛ زیرا پیامدهای قانونی و سیاستی دارد و بر میزان پذیرش عموم مردم از محصول یا فرآیند تأثیر می گذارد. بنابراین، ماهی هایی که انسان ها آن را دستکاری ژنتیکی کرده اند، باید به روشنی و دقیق توصیف شود. متأسفانه، اصطلاحات مختلفی برای توصیف ماهی تغییر یافته ژنتیکی به کار می رود. این اصطلاحات استاندارد نیستند و می تواند منجر به سردرگمی مصرف کننده و مشکلات نظارتی شود، مانند درخواست مجوزهای کشاورزی یا مجوزهای تجاری. آبی پروران و نهادهای نظارتی دولتی باید از این پیامدها آگاه باشند.

ماهی هایی که از طریق آبی پروری تولید می شوند پتانسیل اختلاف ژنتیکی با اجداد وحشی خود دارند که از طریق انتخاب در مراکز تکثیر، هجری و مزرعه (فصل های ۳ و ۹) و یا از طریق برنامه های هدفمند بهبود ژنتیکی به وجود می آید (فصل ۴). در آبی پروری، پرورش دهندگان ماهی به دنبال پرورش بهترین و سودآورترین ماهی های موجود هستند و با این عملکرد، به مصرف کنندگان نشان می دهند که محصول هم سالم و هم طبیعی است. مصرف کنندگان به طور فزاینده ای به دنبال فاکتورهای کیفی در مواد غذایی خود هستند. این فرایند معمولاً از طریق برچسب زدن و بازاریابی مدیریت می شود. دستورالعمل های این کتاب به مسائل برچسب گذاری مصرف کننده فقط به شیوه ای بسیار کلی می پردازد (فصل ۱۲). با این حال، برای نظارت دولت بر ماهی های پرورش یافته و بازاریابی آنها، درک فناوری های ژنتیکی مورد استفاده و تغییراتی که این فناوری ها در موجودات پرورشی ایجاد می کنند، بسیار مهم است.

یک اصطلاح کلی برای همه تغییرات ناشی از انسان از نظر ژنتیکی، در یک موجود زنده «تغییر یافته» است. این اصطلاح باید به عنوان یک بیانیه واقعی بی طرف و بدون قضاوت در مورد خوب یا بد بودن تغییر، یا اینکه در نتیجه بیوتکنولوژی مدرن یا روش های سنتی و یا عمدی یا تصادفی بودن تغییر استفاده شود. این یک اصطلاح بسیار کلی است که نشان دهنده این احتمال است که ارگانیسمی که از نظر ژنتیکی تغییر یافته می تواند خطرات زیست محیطی یا

جمعیتی را مستقل از نحوه تغییر آن به همراه داشته باشد (فصل ۷). استفاده صحیح از عبارات زیر مهم است؛ زیرا با درک مصرف کننده و نظارت دولت مرتبط است. اصطلاحات دیگر را می توان در واژه نامه های فائو یافت.

موجود دستکاری شده ژنتیکی (GMO): ارگانیسمی است که در آن مواد ژنتیکی از طریق فناوری های ژنی یا سلولی به دست انسان تغییر یافته است. ماهی دستکاری شده ژنتیکی معمولاً یک ماهی تراریخته است (یعنی یک ماهی با یک ژن وارد شده از موجود دیگر به روشی که از طریق فرآیندهای طبیعی امکان پذیر نباشد، تغییر یافته است). در حال حاضر، هیچ ماهی اصلاح شده ژنتیکی ای در دسترس مصرف کننده وجود ندارد و محدودیت های متعددی برای جابجایی بین المللی GMOs وجود دارد. این دسته از موجودات توسط پروتکل کارتهاونا از CBD2 نظارت می شوند. علاوه بر این، در حال حاضر بسیاری از گروه های مصرف کننده مخالف استفاده از ماهی های اصلاح شده ژنتیکی هستند، بنابراین، یک پرورش دهنده ماهی که مایل به واردات یک ماهی بهبود یافته ژنتیکی از طریق اصلاح نژاد انتخابی است، نباید از اصطلاح تغییر یافته ژنتیکی استفاده کند، بلکه باید از واژه بهبود ژنتیکی از طریق اصلاح نژاد انتخابی (یا از طریق اصلاح نژاد سنتی) استفاده کند.

هیبرید: فرزندان حاصل از جفت گیری بین والدین گونه ها یا گونه های مختلف هستند. فرزندان جفت گیری بین والدین گونه های مشابه هیبریدهای درون گونه ای هستند، در حالی که فرزندان جفت گیری بین والدین گونه های مختلف، هیبریدهای بین گونه ای هستند. این تمایز مهم است؛ زیرا برخی از مناطق قوانینی علیه جفت گیری گونه های مختلف یا واردات هیبریدهای بین گونه ای دارند، در حالی که ممکن است جفت گیری یا واردات همان گونه مشکلی نداشته باشد.

ارگانیسم زنده تغییر یافته ژنتیکی (LMO¹⁴): ارگانیسم زنده ای که دارای ترکیب جدیدی از مواد ژنتیکی است و از طریق استفاده از بیوتکنولوژی مدرن به دست آمده است. مترادف GMO است که عمده تاً کنوانسیون تنوع زیستی از آن استفاده می کند.

پلی پلومیدها: گیاهان یا حیواناتی هستند که بیش از ۲ مجموعه کروموزوم دارند (که دیپلوئید

¹⁴ Living Modified Organism

نام دارند و به عنوان 2N نامیده می‌شوند). ارگانیس‌م‌هایی که دارای ۳ مجموعه هستند، تری‌پلوئید (3N) نامیده می‌شوند، آن‌هایی که دارای ۴ مجموعه هستند، تتراپلوئید (4N) هستند. این تمایز مهم است؛ زیرا دیپلوئیدها و تتراپلوئیدها معمولاً بارور هستند، درحالی‌که تری‌پلوئیدها معمولاً عقیم هستند. برای به دست آوردن تری‌پلوئید می‌توان شرایط جفت‌گیری تتراپلوئیدها را با دیپلوئیدها فراهم کرد.

اصلاح نژاد سنتی: به برنامه‌های به‌گزینی‌ای گفته می‌شود که از فناوری‌های مدرن دستکاری ژن استفاده نمی‌کند (فصل ۴). اصلاح نژاد سنتی هزاران سال در محصولات کشاورزی تمرین و به‌روز شده است.

یک گروه بین‌المللی از کارشناسان اظهار کرده‌اند که درک تغییرات واقعی تغییرات ژنتیکی در ماهیان پرورشی، به جای تکنیک‌های مورد استفاده برای ایجاد این تغییر، مهم‌تر است. به این معنا که در ارزیابی خطر (فصل ۷)، اینکه آیا ماهی غذای بیشتری مصرف می‌کند یا بازده تبدیل غذایی بهتری دارد، آیا تحمل محیطی وسیع‌تری دارد، بارورتر است، آیا مغذی‌تر است، آیا می‌تواند تهاجمی شود یا مواد جدیدی تولید می‌کند که ماهی تغییر یافته تولید نمی‌کند، مهم‌تر از این هستند که چه فناوری برای ایجاد ارگانیس‌م استفاده شده است. سیاست فعلی، عملیات پرورش و ادراک عمومی لزوماً این واقعیت را تشخیص نمی‌دهند. توصیه می‌شود که توصیف‌های جامع‌تر و آموزنده‌تری برای توصیف تغییرات واقعی یک ارگانیس‌م در نتیجه فناوری‌های ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرد.

۳- مدیریت مولدین، همخونی، رانش ژنتیکی^{۱۵} و اهلی سازی

۱-۳- مقدمه

آبزی پروری نه تنها بخش مهمی از تولید مواد غذایی است، بلکه جزء ضروری شیلات تفریحی و تجاری و ابزار مدیریتی مورد نیاز برای برنامه‌های حفاظتی است. مانند انواع دامپروری، آبزی پروری به این معنی است که انسان باید در چرخه زندگی یک گونه مداخله و آن را مدیریت کند. زمانی که این اتفاق می‌افتد، معمولاً تغییرات برگشتناپذیر در ذخیره ژنی جمعیت ایجاد می‌کنیم. این تغییرات می‌تواند مطلوب باشد و آن زمانی رخ می‌دهد که برنامه‌های اصلاح نژاد با هدف بهبود رشد انجام شود (فصل ۴) یا زمانی که اهلی کردن، ماهی‌هایی را ایجاد کند که بهتر با محیط تکثیر و تخم‌کشی سازگار شوند. متأسفانه، ما نیز تغییرات نامطلوب و مخربی را در ژنوم از طریق همخونی و رانش ژنتیکی ایجاد می‌کنیم (بخش ۳-۳) که باعث کاهش بقا و رشد و افزایش بی‌ثباتی رشد می‌شود. درحالی‌که اهلی‌سازی در پرورش ماهی مفید است، اما برای ماهی‌هایی که در طبیعت رهاسازی می‌شوند، مضر است؛ زیرا ماهی‌هایی برای تفریخگاه مناسب هستند، ممکن است در طبیعت ناسازگار باشند (فصل ۸). مدیریت مولدین در این فصل، شامل کنترل همخونی و رانش ژنتیکی و فرایند اهلی کردن است.

۲-۳- همخونی

همخونی جفت‌گیری خویشاوندان است. همخونی یکی از سه برنامه اصلاح نژاد سنتی است و می‌توان از آن برای توسعه نژادهای جدید و در ترکیب با نژادهای متقابل برای تولید گونه ساده و شاخص استفاده کرد (فصل ۴). همچنان که همخونی برنامه‌ریزی شده و جهت‌دار می‌تواند سودمند باشد، همخونی غیرعمدی و بدون برنامه‌ریزی، مشکلاتی را ایجاد می‌کند.

از نظر ژنتیکی، همخونی باعث افزایش هموزیگوسیتی در فرزندان می‌شود (یعنی تشابه ژنتیکی)، به این معنی که هتروزیگوسیتی (یعنی تنوع ژنتیکی) را نیز کاهش می‌دهد. هموزیگوسیتی نیز

¹⁵ Genetic Drift

زمانی ایجاد می‌شود که افراد غیر خویشاوند با هم جفت‌گیری کنند و از نظر ژنتیکی، دارای دو شکل هموزیگوسیتی یکسان باشند. حتی اگر دو شکل هموزیگوسیتی یکسان هستند، به دلیل نحوه تولید هموزیگوسیتی و پیامدهای آن تمایز ایجاد می‌شود.

خویشاوندان از نظر ژنتیکی شبیه‌تر از غیر خویشاوندان هستند. در نتیجه، وقتی خویشاوندان با هم آمیزش داده می‌شوند، فرزندی تولید می‌کنند که هموزیگوت‌تر از مواردی است که افراد غیرخویشاوند آمیزش داده می‌شوند. هر چه رابطه بین جفت‌ها نزدیک‌تر باشد (خویشاوندی بیشتر داشته باشند)، فرزندان هموزیگوت‌تر هستند.

این موضوع جای نگرانی دارد؛ زیرا همه حیوانات دارای تعداد کمی آلل مغلوب مضر هستند. (۸) در بیشتر موارد، یک فرد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد و زنده می‌ماند؛ زیرا تنها یک نسخه از آلل مضر را دارد که از یکی از والدینش به ارث برده است (هتروزیگوت است). دو نسخه از آلل (یکی از هر دو والدین) برای ایجاد اثر مضر یا کشنده (هموزیگوت است) مورد نیاز است. از آنجایی که خویشاوندان بیشتر از غیر خویشاوندان شبیه هستند، آن‌ها تمایل به اشتراک آلل‌های مغلوب مضر مشابهی دارند. دو غیر خویشاوند ممکن است فقط یک یا دو اشتراک داشته باشند، درحالی که اقوام معمولاً اشتراکات بیشتری دارند. هر چه رابطه نزدیک‌تر باشد، تعداد بیشتری به اشتراک گذاشته می‌شود هنگامی که خویشاوندان با هم آمیزش داده می‌شوند، جفت شدن و بیان بعدی این آلل‌های مغلوب مضر در فرزندان باعث ایجاد همخونی و به دنبال آن کاهش نرخ رشد، بقا و باروری و افزایش تعداد ناهنجاری‌ها می‌شود. مطالعات انجام‌شده روی ماهی نشان داده است که ماهی‌های همخون دارای علائم بالینی کلاسیک افت ناشی از همخونی^{۱۶} هستند (۹) و همچنین در صورت نگهداری در طبیعت، میزان بازگشت آن‌ها کاهش می‌یابد. (۱۰)

تأثیرات منفی همخونی معمولاً بلافاصله رخ نمی‌دهد. افت ناشی از همخونی اغلب با تأخیر همراه است (یعنی ممکن است تا چند نسل بعد، شروع همخونی رخ ندهد). سرعت بروز افت ناشی از همخونی بستگی به مقدار همخونی تولیدشده و صفت دارد.

مواردی که در بالا گفته شد می‌تواند این ذهنیت نادرست را به پرورش‌دهندگان القا کند که

¹⁶ Inbreeding depression

همخونی دلیل عمده بسیاری از مشکلات تولید آن‌هاست. زمانی که آن‌ها یک ماهی دفرمه شده (ماهی با ناهنجاری بدنی) را مشاهده می‌کنند و یا بازدهی تولید کاهش می‌یابد، آن‌ها به این نتیجه اشتباه می‌رسند که همخونی رخ داده است. ناهنجاری‌های شکلی و کاهش عملکرد اغلب به دلیل عوامل غیر ژنتیکی مانند خطاهای رشدی، سموم، کمبودهای تغذیه‌ای یا آب‌وهواست و ممکن است ناشی از همخونی نباشد.

از آنجایی که همخونی آمیزش خویشاوندان است، اگر بتوان به افراد نشانه‌های منحصربه‌فردی داد، جلوگیری از همخونی یا کاهش آن با جلوگیری از آمیزش والد-فرزند، برادر-خواهر و خواهر و برادر ناتنی^{۱۷} آسان است. اگر نزدیک‌ترین جفت‌گیری مجاز بین پسرعموهای دوم باشد، همخونی هرگز مشکل‌ساز نخواهد شد.

هنگام اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد، همخونی اجتناب‌ناپذیر است؛ زیرا زمانی که شما فقط به بهترین‌ها اجازه تولیدمثل می‌دهید، اغلب خویشاوندان را آمیزش می‌دهید. به حداقل رساندن همخونی در طول یک برنامه اصلاح نژاد مهم است؛ زیرا شما نمی‌خواهید از سود ژنتیکی تولیدشده از طریق انتخاب صرفاً برای مقابله با افت ناشی از همخونی استفاده کنید. برای جلوگیری از این امر، تعدادی برنامه اصلاح نژاد برای به حداقل رساندن همخونی در طول یک برنامه اصلاح نژاد انتخابی طراحی شده است. (۱۱) درحالی‌که جلوگیری از آمیزش سیستماتیک خویشاوندان نزدیک در برنامه‌های اصلاح نژاد، مهم است، آمیزش تصادفی خویشاوندان نزدیک (به‌عنوان مثال، جفت‌گیری خواهر و برادر) در برنامه‌های اصلاح نژادی در مقیاس بزرگ به اندازه جمعیت‌های کوچک، مشکل بزرگی نیست؛ زیرا این احتمال وجود دارد که فرزندان تولید شده حاصل از این جفت‌گیری‌ها با افراد غیر خویشاوند در نسل بعدی آمیزش داده شوند که ماهی‌هایی بدون همخونی تولید می‌کنند. (۱۲)

در دام‌ها به راحتی می‌توان از نشانه‌گذاری فردی استفاده کرد و از این طریق از جفت‌گیری خویشاوندان جلوگیری کرد، ولی در ماهی نسبتاً دشوار است. بنابراین، آبی‌پروران باید به‌طور کلی جمعیت را مدیریت کنید تا تجمع همخونی به حداقل برسد. برای انجام این کار، آبی‌پروران باید

¹⁷ Half-sib

تعداد جمعیت مؤثر (N_e) را مدیریت کنند. (۱۳)

یکی از راه‌هایی که N_e را تعیین می‌کند، تعداد نرها و تعداد ماده‌هایی است که تولیدمثل می‌کنند و فرزندان زنده به دنیا می‌آورند.

$$N_e = \frac{(\text{تعداد نرها}) + (\text{تعداد ماده‌ها})}{(\text{تعداد ماده‌ها})}$$

بنابراین، N_e با توجه به تعداد نرها و تعداد ماده‌هایی که فرزند زنده تولید می‌کنند و نسبت جنسیتی ماهیان مولد تعیین می‌شود. این بدان معنی است که N_e با افزایش هر دو ماهی نر و ماده که تخم‌ریزی می‌کنند و با نزدیک شدن نسبت جنسی ۱:۱ حداکثر می‌شود. نسبت‌های اریب جنسی، که اغلب در آبی‌پروری استفاده می‌شود، باعث می‌شود که N_e بسیار کمتر از تعداد ماهی‌های مولد تخم‌ریزی شود. N_e به شدت تحت تأثیر کمترین جنسیت قرار می‌گیرد (به عنوان مثال. هنگامی که تعداد کمی از نرها استفاده می‌شود، N_e به جای تعداد کل، تعداد نرها را تقریب می‌کند).

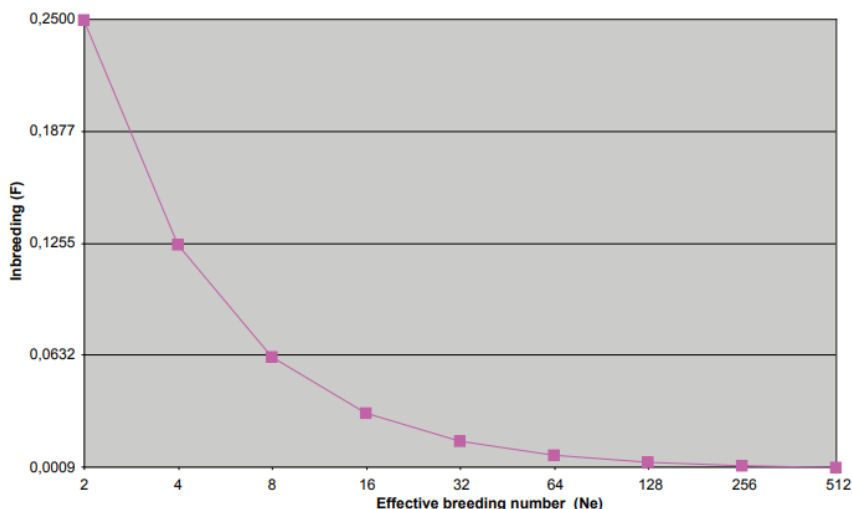
دلیل اینکه آبی‌پروران و زیست‌شناسان شیلات نیاز به مدیریت N_e دارند این است که به طور معکوس با همخوانی مرتبط است:

$$F = 1/2N_e$$

جایی که F مقدار تولید همخوانی تولیدشده (۰-۱۰۰٪) در یک نسل است؛ F درصد افزایش هموزیگوتی است. این فرمول نشان می‌دهد زمانی که N_e کاهش می‌یابد، F افزایش می‌یابد (شکل ۳-۱) $N_e s < 50$ مقدار زیادی همخوانی در هر نسل تولید می‌کند.

در یک جمعیت بسته، هنگامی که همخوانی رخ داده است، N_e نسل بعدی را کاهش می‌دهد:

$$N_{eF} = N_e / 1 + F$$



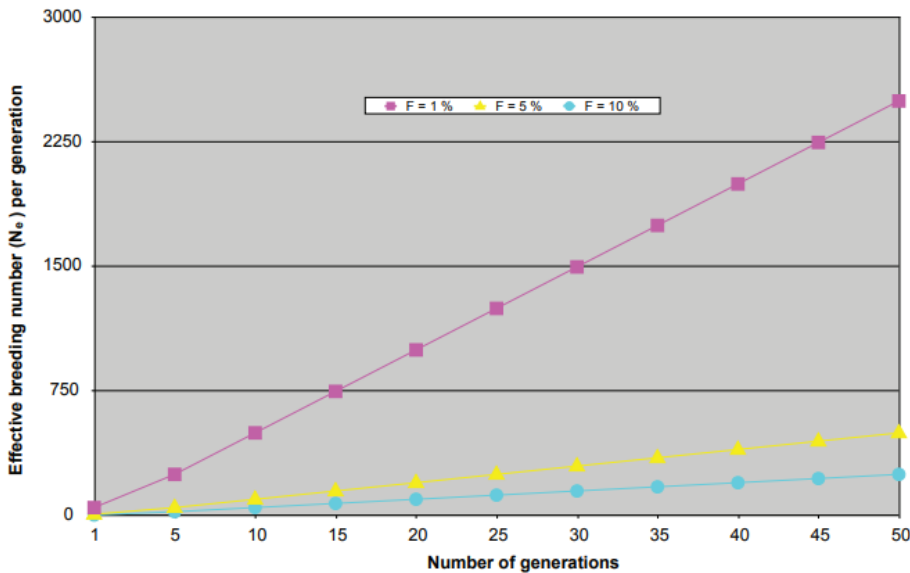
شکل ۱-۳: رابطه بین N_e و F : همخوانی (درصد افزایش هموزیگوسیتی) است که در یک نسل در جمعیتی بدون همخوانی قبلی ایجاد می‌شود.

که در آن N_e تعداد مولدین مؤثر در جمعیت بسته است $F > 0\%$. برای اهداف عملی، کل F تولیدشده در یک سری از نسل‌ها را می‌توان با جمع کردن F که در هر نسل تولید می‌شود، بدون در نظر گرفتن همخوانی قبلی محاسبه کرد.

برای به حداقل رساندن همخوانی، N_e باید چقدر بزرگ باشد؟ متأسفانه، هیچ مقدار عمومی از F وجود ندارد که آبروی پروران یا زیست‌شناسان بخواهند از آن اجتناب کنند، به این معنی که N_e عمومی وجود ندارد. N_e های بین ۳۰ تا ۵۰۰ توصیه شده است که ۵۰ رایج‌ترین آن‌هاست (۱۴). برای محاسبه N_e موردنظر، باید تعیین کرد که چه سطحی از ریسک ژنتیکی قابل قبول است. در این مورد، حداکثر مقدار همخوانی است که پس از تعداد معینی از نسل مورد نظر است (۱۵). علاوه بر این، نگرانی در مورد همخوانی_اینکه آیا N_e نیاز به مدیریت دارد یا خیر و اینکه چقدر N_e باید بزرگ باشد به هدف/هدف هجری یا مزرعه ماهی_ در صورت تخم‌ریزی ماهی و نحوه مدیریت مولدین بستگی دارد.

شکل ۲-۳ N_e ثابت مورد نیاز برای تولید F از ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ برای نسل ۱-۵۰ را نشان می‌دهد. توصیه رایج $N_e = 50$ در به حداقل رساندن همخوانی برای یک نسل مؤثر است ($F = 1\%$)، اما یک

کار حاشیه‌ای بعد از ۱۰ نسل انجام می‌دهد ($F = 10\%$).



شکل ۳-۲: N_e مورد نیاز در هر نسل برای تولید $F = 1\%$ ، 5% و 10% پس از ۱ تا ۵۰ نسل

پرورش‌دهندگانی که ماهیان مولد را از یک مرکز اصلاح نژاد می‌گیرند (فصل ۵)، یکبار از آن‌ها تخم‌کشی می‌کنند و سپس ماهیان مولد جدید به دست می‌آورند یا پرورش‌دهندگانی که در هر فصل، بچه ماهی انگشت قد بهبودیافته ژنتیکی را از مراکز تکثیر (مراکز مالتی پلایر^{۱۸}) برای پروراندی تهیه می‌کنند (فصل ۶) نگرانی همخونی و یا مدیریت N_e ندارند. مراکز اصلاح نژاد یا مراکز تکثیر مالتی پلایر باید ذخیره خود را برای به حداقل رساندن همخونی مدیریت کنند، اما پرورش‌دهندگان نیازی نیست نگران همخونی باشند.

ممکن است برای پرورش‌دهندگان معیشتی که در مقیاس کوچک، مولد خود را برای تکثیر حفظ می‌کنند، مدیریت همخونی دشوار باشد، اما باید آن‌ها را تشویق کرد که تلاش کنند؛ زیرا بهبود مهارت‌های آبی‌پروری آن‌ها منجر به افزایش بهره‌وری می‌شود. اگر آن‌ها $N_e = 50$ را برای ۵ نسل ثابت نگه دارند، $F \leq 5\%$ را حفظ می‌کنند. این توصیه، مدیریت کوتاه‌مدت خوبی ایجاد می‌کند (۵ نسل) و این توصیه بیش‌ازحد نیست، بنابراین بسیاری از پرورش‌دهندگان در مقیاس

¹⁸ Multiplier

کوچک می‌توانند آن را در برنامه‌های کاری سالانه بگنجانند.

پرورش‌دهندگان تجاری بزرگ و کسانی که بچه ماهی انگشت قد تولید می‌کنند یا برنامه‌های به‌گزینی دارند، باید سعی کنند $F = 10-5\%$ حفظ کنند، با هدف $F = 5\%$ برای $10-20$ نسل، بنابراین انتخاب و اهلی کردن فقط برای مقابله با افت ناشی از همخونی استفاده نمی‌شود. کسانی که ماهی را برای برنامه‌های صید یا برنامه‌های حفاظتی پرورش می‌دهند، باید سعی کنند $F = 1-5\%$ حفظ کنند، با هدف مورد نظر $F = 1\%$ ، برای حداقل 20 نسل؛ زیرا تلاش اصلی مدیریت در این شرکت‌ها جلوگیری از تغییرات در ذخیره ژنی در یک دوره طولانی است.

یک مفهوم مهم در شکل ۲-۳ این است N_e ها، N_e های ثابت هستند. N_e می‌تواند بزرگتر از تعداد مورد نظر باشد، اما اگر فقط برای یک نسل کوچکتر باشد، هدف همخونی محقق نخواهد شد. این به این دلیل است که میانگین N_e در یک سری از نسل‌های t ، میانگین حسابی نیست، بلکه میانگین همساز^{۱۹} یا توافقی است:

$$N_{e \text{ mean}} = 1/t(1/N_{e1} + 1/N_{e2} + \dots 1/N_{et})$$

این فرمول نشان می‌دهد که نسل با کوچکترین N_e ، تأثیر نامتناسب بر میانگین N_e دارد. تعدادی تکنیک مدیریتی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها برای افزایش N_e استفاده کرد.

روش اول: واضح‌ترین راه برای افزایش N_e افزایش تعداد ماهیانی است که تخم‌ریزی و بچه ماهی زنده با نسبت جنسی ۱:۱ تولید می‌کنند. یکی از راه‌های افزایش تعداد بچه ماهی‌های مولدی که به منظور تأمین سهمیه‌های تولید تخم‌کشی می‌شوند، نگهداری تنها بخش کوچکی از هر خانواده است. این ایده‌های ساده برخلاف مدیریت استاندارد پرورش ماهی است. آبی‌پروران به دلیل باروری ماهی‌ها تمایل دارند تا حد ممکن از ماهی مولد کمتری تخم‌کشی کنند و اغلب از نسبت جنسی بسیار ناهنجار استفاده می‌کنند؛ زیرا این امر آن‌ها را قادر می‌سازد تا ماهی‌های مولد کمتری را نگهداری کنند.

¹⁹ Harmonic mean

روش دوم: تغییر از آمیزش تصادفی^{۲۰} (رویه معمول در اکثر هیچری‌ها) به آمیزش شجره‌ای^{۲۱} است. در جفت‌گیری شجره‌ای، هر ماده یک دختر و هر نر یک پسر به‌عنوان مولد برای نسل بعدی باقی می‌گذارد (این عدد می‌تواند بیش از یک باشد تا زمانی که همه یک تعداد را برای نسل بعدی به‌جا بگذارند). (۱۶) جفت‌گیری شجره‌ای به‌طور چشمگیری N_e را افزایش می‌دهد و زمانی که نسبت جنسیتی ۱:۱ باشد، N_e دو برابر تعداد تخم‌ریزی می‌شود. با این حال، برای انجام این کار، هر خانواده باید در یک واحد کشت جداگانه بزرگ شود تا زمانی که ماهی‌ها علامت‌گذاری شوند تا اطمینان حاصل شود که هر یک از والدین فرزندی از جنس صحیح به‌جا می‌گذارند.

روش سوم: برابر کردن تعداد فرزندان از هر جفت‌گیری است؛ زیرا تکثیر نابرابر N_e را کاهش می‌دهد (۱۷). با این حال، برای انجام این کار، هر خانواده باید در یک واحد پرورش جداگانه نگهداری شود تا اندازه خانواده‌ها برابر شود.

روش چهارم: اصلاح شیوه‌های گرفتن اسپرم است (۱۸). اگر ماهی‌ها اسپرم‌گیری می‌شوند، اسپرم نباید به‌صورت متوالی مخلوط یا اضافه شود. این شیوه‌ها باعث رقابت گامتیک می‌شود و یک نر می‌تواند تعداد بیشتری از تخم‌ها را بارور کند و N_e بسیار کمتر از حد انتظار تولید کند.

روش پنجم: توجه به فاصله زمانی نسل‌هاست. N_e های مورد نظر در شکل ۳-۲ برای نسل‌ها نشان داده شده است نه برای سال. یک نسل فاصله زمانی برای جایگزینی والدین با فرزندان است. اگر هدف حفظ همخوانی زیر یک مقدار معین به مدت ۲۰ سال و روش عادی استفاده از فاصله نسلی ۲ ساله باشد، ۱۰ نسل در طول برنامه ۲۰ ساله تولید خواهد شد، اما اگر بتوان فاصله نسل را تا ۳ سال افزایش داد، تنها ۷ نسل در طول ۲۰ سال تولید می‌شود که به این معنی است که می‌توان از یک N_e کوچک‌تر برای رسیدن به هدف مورد نظر استفاده کرد.

روش ششم: تغییر جمعیت از یک جمعیت بسته به یک جمعیت باز است. در بحث بالا فرض بر این بود که جمعیت بسته است. اگر در هر نسل ۱۰-۲۵٪ ماهی‌های مولد جدید وارد شود، مقدار همخوانی‌ای که تولید می‌شود می‌تواند به‌طرز چشمگیری کاهش یابد (۱۹). در مدیریت شیلات و

²⁰ Randon mating

²¹ Pedigreed mating

حفاظت، یک رویکرد این است که ماهی‌های مولد وحشی را صید و تکثیر کرد و یا تخم‌های مولدین وحشی را جمع‌آوری کرد و پرورش داد. در صورت جمع‌آوری ماهی‌های مولد مراقب کاهش ذخایر باشید (یعنی کاهش تعداد ماهی‌هایی که در طبیعت به‌طور طبیعی تخم‌ریزی می‌کنند، به سطح خطرناکی برسند).

روش هفتم: یک پرورش‌دهنده ماهی می‌تواند دو جمعیت غیر مرتبط را نگهداری و هیبرید تولید کند. هیبریدها همخونی صفر دارند. هیبریداسیون اغلب در برنامه‌های اصلاح نژاد گیاهان و حیوانات برای حذف یا مقابله با همخونی استفاده می‌شود. اگر چندین لاین نامرتب حفظ شود، می‌توان از برنامه جفت‌گیری چرخشی^{۲۲} برای جلوگیری از همخونی برای تعدادی از نسل‌ها استفاده کرد (۲۰).

سرانجام، می‌توان از الگوی جفت‌گیری فاکتوریل^{۲۳} برای افزایش N_e استفاده کرد که همخونی حداقل خواهد شد (۲۱).

۳-۳- رانش ژنتیکی

رانش ژنتیکی^{۲۴} تغییرات تصادفی در فراوانی ژن است؛ تغییراتی که علت آن در نتیجه انتخاب، مهاجرت یا جهش نیست. دلایل تغییرات تصادفی می‌تواند طبیعی باشد، مانند رانش زمین که جمعیت را تقسیم می‌کند یا طوفانی که باعث کشته شدن درصد زیادی از جمعیت می‌شود یا بخش‌هایی از زیستگاه آن را از بین می‌برد یا می‌تواند ساخته دست انسان باشد، و زمانی اتفاق می‌افتد که پرورش‌دهندگان ماهی‌های خود را تکثیر می‌کنند.

در شرایط عادی، تعداد ماهی‌هایی که تکثیر می‌شوند و فرزندان زنده به دنیا می‌آورند، بسیار کمتر از تعداد ماهی‌های بالغ است. این امر به‌ویژه در آبی‌پروری صادق است. هنگامی که این زیرمجموعه تخم‌کشی می‌شود، این احتمال وجود دارد که فراوانی یک یا چند ژن در فرزندان نسبت به نسل والدین متفاوت باشد و هر چه تعداد آن‌ها کمتر باشد، احتمال تغییرات بیشتر خواهد

²² Rotational mating

²³ Factorial mating

²⁴ Genetic drift

بود. اثر نهایی رانش ژنتیکی از دست دادن آللهاست و هرچه فراوانی ژن کمتر باشد احتمال از بین رفتن آلل از طریق رانش ژنتیکی کمتر می‌شود. آبی‌پروران همچنین در هنگامی که ماهی را برای جمعیت پایه خود خریداری می‌کنند، باعث ایجاد رانش ژنتیکی می‌شوند. اثر نهایی رانش ژنتیکی از دست دادن آلل‌ها و فراوانی ژن است. تهیه جمعیت پایه ماهی بسیار مهم است و نمونه‌های کوچک اغلب چیزی را ایجاد می‌کنند که اثر بنیان‌گذار^{۲۵} نامیده می‌شود. شرایطی که در آن رانش ژنتیکی، جمعیتی را ایجاد می‌کند که در آن فراوانی‌های ژنی به‌طور قابل‌توجهی با جمعیتی که از آن منشأ گرفته‌اند، متفاوت است. ذخیره بنیان‌گذار حداکثر واریانس ژنتیکی را که در یک جمعیت بسته وجود خواهد داشت، تعیین می‌کند.

از دست دادن واریانس ژنتیکی، جمعیت وحشی را در برابر انقراض آسیب‌پذیرتر می‌کند؛ زیرا تنوع ژنتیکی‌ای را از دست داده است که می‌توانست آن را قادر به سازگاری با تغییرات محیطی کند. تعدادی از ذخایر هجری ارزیابی شده است، صرف‌نظر از اینکه چقدر تلاش برای جلوگیری از رانش ژنتیکی شده است، کاهش واریانس ژنتیکی اتفاق افتاده است (۲۲). از دست دادن واریانس ژنتیکی از طریق رانش ژنتیکی جلوگیری در انتخاب برای افزایش سرعت رشد را نشان داده است (۲۳) و تعداد ماهیان مبتلا به اختلالات رشد را افزایش می‌دهد (۲۴).

رابطه Ne و رانش ژنتیکی به شرح زیر است:

$$\sigma_{\Delta q}^2 = pq/2N_e$$

جایی که $\sigma_{\Delta q}^2$ واریانس تغییر در فراوانی ژن است (روش اندازه‌گیری رانش ژنتیکی) و p و q فراوانی آلل‌های p و q برای یک ژن معین هستند.

همان‌طور که در مورد همخونی نیز صادق بود، رانش ژنتیکی رابطه معکوس با N_e دارد. هر چه N_e کوچک‌تر باشد، احتمال اینکه رانش ژنتیکی فراوانی ژن را تغییر دهد، بیشتر است. اثری که کاهش N_e می‌تواند بر فراوانی‌های ژنی از طریق رانش ژنتیکی داشته باشد، فوری است. از آنجاکه جلوگیری از ایجاد رانش ژنتیکی در جمعیت‌های مدیریت شده دشوار است، رانش ژنتیکی برای

²⁵ Founder effect

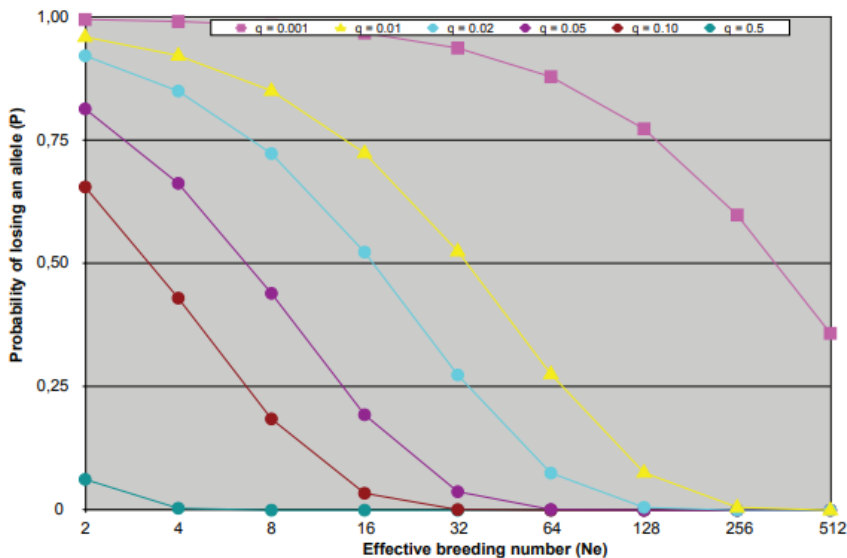
اهداف مدیریتی باید به تغییرات قابل قبول و غیرقابل قبول تقسیم شود. تغییر در فراوانی یک آلل از مثلاً ۰.۴ به ۰.۳۸ ممکن است حیاتی نباشد تا بتوان آن را به عنوان قابل قبول طبقه بندی کرد، اما تغییر فراوانی یک آلل به ۰.۰ حیاتی است و باید از آن جلوگیری کرد، به این معنی که به عنوان غیرقابل قبول طبقه بندی شده است. در نتیجه، N_e باید مدیریت شود تا از دست دادن آلل ها به حداقل برسد. از آنجایی که احتمال از بین رفتن آلل های کمیاب بیشتر از آلل های معمولی است، جلوگیری از، از دست دادن آلل های نادر از طریق رانش ژنتیکی باید هدف مدیریت باشد.

فرمول زیر احتمال از دست دادن فراوانی آلل q از طریق رانش ژنتیکی در یک نسل منفرد است:

$$P = (1 - q)^{2N_e}$$

احتمال از دست دادن یک آلل ($f = 0.5-0.001$) برای یک نسل در شکل ۳-۳ نشان داده شده است که نشان می دهد N_e کوچک برای جلوگیری از بین رفتن آلل های مشترک ($f \geq 0.2$) مورد نیاز است، درحالی که N_e بزرگ برای آلل های نادر مورد نیاز است ($f \leq 0.01$).

هنگام مدیریت N_e جمعیت برای به حداقل رساندن رانش ژنتیکی، باید تعیین کرد که چه خطر ژنتیکی ای قابل قبول است. در این حالت، تضمین مورد نظر برای حفظ یک آلل ($P = 1.0$) با یک فراوانی خاص پس از تعداد معینی از نسل است (۲۵). متخصصان ژنتیک و زیست شناسان جمعیت معتقدند که آلی که $f=0.0$ به چندشکلی کمک می کند، بنابراین هدف از برنامه های مدیریت و حفاظت شبيلات باید نجات آلل هایی باشد که $f=0.01$ دارند (اگر این کار انجام شود، آلل های رایج تری نیز ذخیره می شوند). حفظ آلل های نادر برای پرورش ماهی اهمیت چندانی ندارند. اگر آلل های کمیاب قابلیت زنده ماندن، رشد و سایر صفات تولید را بهبود بخشند، اهلی سازی فراوانی آن ها را افزایش می دهد. به همین دلیل، ریسک ژنتیکی برای پرورش دهندگان ماهی می تواند نجات آلل هایی باشد که $f = 0.05$ است.



شکل ۳-۳: احتمال از دست دادن یک آلل ($f = 0.001-0.5$) برای N_e های مختلف را نشان می‌دهد. این احتمالات برای یک رویداد منفرد هستند (فصل تخم‌ریزی یا استفاده از مولدین).

N_e های ثابت مورد نیاز برای تولید با ضمانت ۹۵ درصدی برای ذخیره آلل‌ها

($f = 0.005-0.1$) برای ۱-۵۰ نسل در شکل ۴ نشان داده شده است. روش مورد استفاده برای محاسبه این N_e ها در کتاب فائو در مورد مدیریت همخونی و رانش ژنتیکی در جمعیت‌های هجری توضیح داده شده است (۲۶). جلوگیری از دست دادن آللی که $f > 0.05$ است آسان می‌باشد، اما زمانی که $f < 0.005$ باشد می‌تواند دشوار باشد.

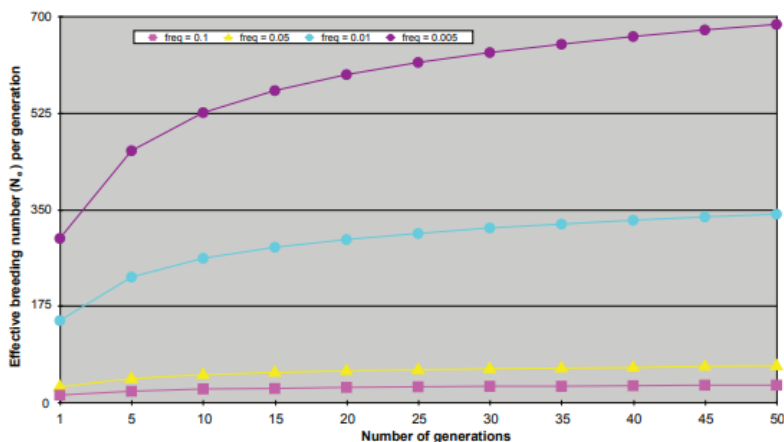
همان‌طور که در مورد مدیریت همخونی بیان شد، پرورش‌دهندگانی که ماهی تکثیر نمی‌کنند یا فقط یکبار ماهی تکثیر می‌کنند و سپس ذخیره جدیدی را تهیه می‌کنند، نیازی به مدیریت جمعیت خود برای به حداقل رساندن رانش ژنتیکی ندارند. حتی اگر بیشتر پرورش‌دهندگان معیشتی با تولید مقیاس کوچک، رانش ژنتیکی یا عواقب آن را درک نکنند، بسیاری از آن‌ها به راحتی می‌توانند مدیریتی را به کار گیرند که آثار آن را به حداقل برساند. اگر آن‌ها $N_e = 45$ را برای ۵ نسل ثابت نگه دارند، با ۹۵٪ تضمین، برای ذخیره یک آلل با $f = 0.05$ ایجاد می‌کنند. این توصیه بیش از حد نیست و مدیریت ژنتیکی کوتاه‌مدت (۵ نسل) خوبی ایجاد می‌کند.

برای پرورش‌دهندگان بزرگ تجاری و کسانی که بچه ماهی انگشت قد تولید می‌کنند یا

برنامه‌های به‌گزینی انجام می‌دهند، هدف نجات آلل‌هایی که f آن‌ها مساوی ۰.۰۵ است که به‌راحتی قابل دستیابی است. $N_e = 59$ برای ۲۰ نسل ضمانت ۹۵٪ تولید را دارد. هدف ذخیره‌سازی آلل‌هایی که $f = 0.01$ باید برای برنامه‌های شیلات/حفاظت قابل دستیابی باشد.

$N_e = 297$ ضمانت ۹۵٪ را برای ۲۰ نسل تولید می‌کند. مقادیر شکل ۳-۴ برای یک آلل واحد است. اگر ۱۰۰ آلل از این دست وجود داشته باشد، ضمانت ۹۵٪ به این معنی است که ۹۵ آلل ذخیره می‌شود و ۵ آلل از بین می‌رود. تکنیک‌های مدیریتی که در بخش همخوانی توضیح داده شده است، همچنین برای افزایش N_e به منظور به حداقل رساندن رانش ژنتیکی استفاده می‌شود.

دامنه‌های توصیه شده N_e برای به حداقل رساندن رانش ژنتیکی بین ۵۰۰-۵۰۰۰، که ۵۰۰ رایج‌ترین آن‌هاست. (۲۷) شکل ۳-۴ نشان می‌دهد که توصیه معمول $N_e = 500$ عملکرد خوبی برای به حداقل رساندن رانش ژنتیکی خواهد داشت، ضمانت ۹۵ درصدی برای ذخیره یک آلل با $f = 0.01$ برای بیش از ۵۰ نسل ایجاد می‌کند. با این حال، بسته به هدف ژنتیکی (ریسک) N_e مورد نظر می‌تواند کمتر از ۵۰۰ باشد که اغلب در مورد پرورش ماهی پرورشی صدق می‌کند.

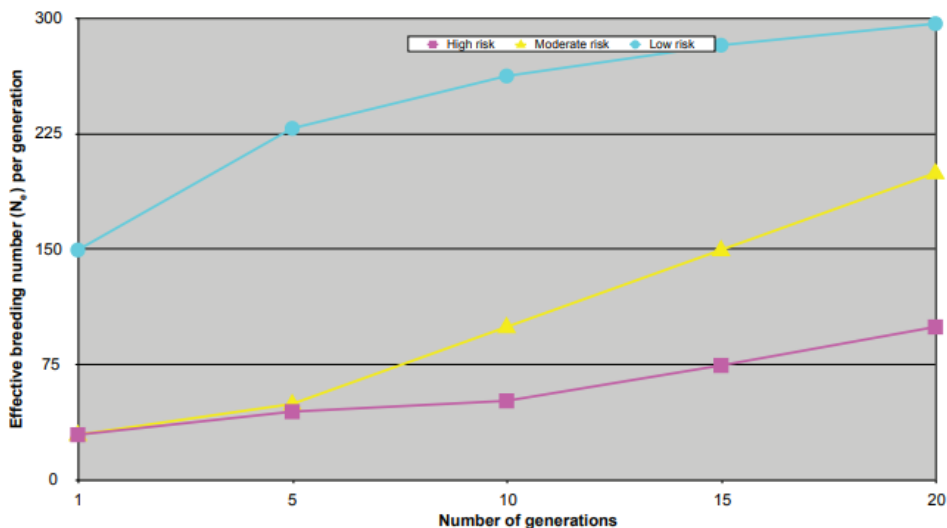


شکل ۳-۴: N_e مورد نیاز در هر نسل برای تولید ۹۵٪ تضمین ذخیره آلل‌هایی که $f = 0.1-0.005$ برای ۱-۵۰ نسل

از آنجایی که همخونی و رانش ژنتیکی با N_e رابطه معکوس دارند، باید مدیریت شود تا هر دو به حداقل برسد. اطلاعات موجود در شکل‌های ۳-۲ و ۳-۴ را می‌توان برای ایجاد یک N_e ثابت برای دستیابی به هر دو هدف ترکیب کرد. برای دستیابی به هر دو هدف، N_e بزرگ‌تر باید استفاده شود. شکل‌های ۳-۵ و ۳-۶ N_e های ثابت مورد نیاز برای ماهی پرورشی و برای ماهیگیری/آبی پروری حفاظتی را بر اساس سطوح مختلف خطر ژنتیکی فهرست می‌کنند. شکل ۳-۵ نشان می‌دهد که N_e مورد نیاز برای به حداقل رساندن آثار مخرب همخونی و رانش ژنتیکی بیش‌ازحد نیست و می‌تواند در عملیات پرورش ماهی گنجانده شود. حتی اگر مدیریت ژنتیک اغلب ارزش کمی داشته باشد یا فناوری نامناسبی برای پرورش‌دهندگان معیشتی یا کوچک در نظر گرفته می‌شود، کسانی که مولدهای خود را نگهداری و تکثیر می‌کنند، می‌توانند به راحتی «خطر متوسط» (شکل ۳-۵) را در کوتاه‌مدت (۵ نسل) بگنجانند و مدیریت در چهارچوب برنامه‌های کاری معمول داشته باشند.

$N_e = 50$ ، $F < 5\%$ را حفظ می‌کند و همچنین ۹۵٪ تضمینی برای حفظ یک آلل با $f = 0.05$ برای ۵ نسل ایجاد می‌کند. در این مورد، N_e مورد نیاز برای مدیریت همخونی بزرگ‌تر از N_e مورد نیاز برای مدیریت رانش ژنتیکی است. بنابراین همخونی N_e همانی است که استفاده می‌شود. به همین دلیل، مروجان فقط باید مدیریت ژنتیکی را از نظر به حداقل رساندن همخونی توضیح دهند، مفهومی که به راحتی قابل درک است؛ زیرا اکثر جوامع در برابر ازدواج‌های فامیلی (ارتباط خونی) تابو دارند.

مزرعه‌داران تجاری بزرگ، آن‌هایی که بچه ماهی‌های انگشت قد تولید می‌کنند، یا کسانی که برنامه‌های اصلاح نژاد انجام می‌دهند، اگر $N_e = 100$ را ثابت نگه دارند (این شامل جمعیت پایه نیز می‌شود)، می‌توانند مشکلات ژنتیکی را برای ۱۰ نسل به حداقل برسانند $F < 5\%$ و تضمین ۹۵٪ حفظ آللی که $f = 0.05$ است (ریسک متوسط در شکل ۳-۵). با این حال، اگر آن‌ها ذخیره مولد خود را از مزرعه‌ای که در آن N_e کمتر از ۱۰۰ است، به دست آورند، ماهی‌هایی را وارد می‌کنند که ممکن است قبلاً سطح بالایی از همخونی را جمع کرده باشند یا به دلیل رانش ژنتیکی دچار کاهش تنوع ژنتیکی و عملکرد ضعیف شده‌اند.



شکل ۳-۵: N_e مورد نیاز در هر نسل برای به حداقل رساندن همخونی و رانش ژنتیکی در جمعیت‌های هجری در مزارع پرورش ماهی. N_{es} برای سه گزینه (سطح خطر ژنتیکی) است: ریسک بالا - $F < 10\%$ و تضمین ۹۵٪ برای حفظ آلی که $f = 0.05$ ؛ ریسک متوسط (قابل قبول) - $F < 5\%$ و تضمین ۹۵٪؛ حفظ آلی که $f = 0.05$ کم‌خطر - $F < 5\%$ و تضمین ۹۵٪ برای حفظ آلی که $f = 0.05$ است.

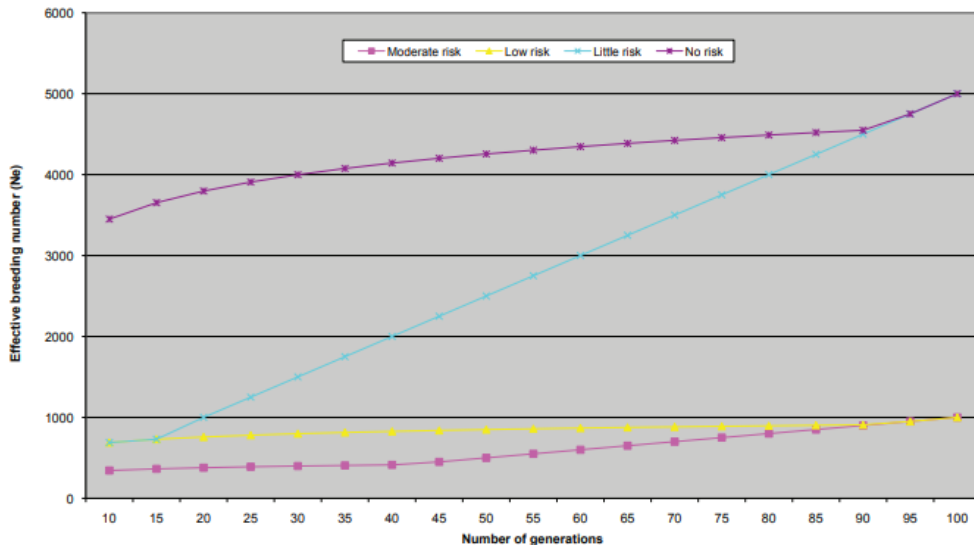
N_e های در شکل ۳-۶ به‌طور قابل‌توجهی بزرگتر هستند؛ زیرا مدیریت ذخایر ژنی یک جمعیت در یک دوره زمانی طولانی (بیش از ۱۰ نسل، با ۲۰ نسل حداقل مورد نظر) باید هدف اولیه برای برنامه‌های آبرزی پروری مبتنی بر شیلات/حفاظت باشد و خطر ژنتیکی کم در آن باید پذیرفته شود. N_e های ثابت مورد نیاز برای ۲۰ نسل بسته به خطر ژنتیکی ۳۷۸-۱۰۰۰ است، اگرچه گزینه «بدون ریسک» در شکل ۳-۶ از نظر ژنتیکی کاملاً مطلوب است، اما بعید است که بتوان آن را از منظر مدیریت به دست آورد. در نتیجه، گزینه‌های «کم ریسک»^{۲۶} یا «ریسک اندک»^{۲۷} در شکل ۳-۶ آن‌هایی هستند که باید در این نوع کار گنجانده شوند.

گزینه «ریسک اندک» در شکل ۳-۶، $F < 1\%$ را با ۹۹٪ تضمین برای حفظ آلی که $f = 0.005$ به جای $f = 0.01$ ترکیب می‌کند، زیرا در نسل ۲۰ N_e ها یکسان هستند. اگر ترکیب $F < 1\%$

^{۲۶} Low risk

^{۲۷} Little risk

$f = 0.01$ برای کمتر از ۲۰ نسل مورد نظر باشد، N_e های در شکل های ۳-۲ و ۳-۴ می تواند برای تولید N_e مورد نظر استفاده شود.



شکل ۳-۶: N_e مورد نیاز در هر نسل برای به حداقل رساندن همخونی و رانش ژنتیکی در جمعیت های هجری را نشان می دهد که برای شیلات یا پروژه های مدیریت حفاظت استفاده می شود. N_e ها برای چهار گزینه (سطح خطر ژنتیکی) است: ریسک متوسط -- $F < 5\%$ و تضمین ۹۹٪ برای حفظ آلی که $f = 0.01$; کم ریسک -- $F < 5\%$ و ضمانت ۹۹٪ برای حفظ آلی که $f = 0.005$ ریسک اندک -- $F < 1\%$ و ضمانت ۹۹٪ برای حفظ آلی که $f = 0.005$ بدون ریسک -- $F < 1\%$ و تضمین ۹۹٪ برای حفظ آلی که $f = 0.001$ است.

پیشنهاد شده است که یک $N_e > 1000$ جمعیت را از نظر ژنتیکی ایمن می کند (۲۸). با $N_e = 1000$ به اهداف «ریسک متوسط» و «کم ریسک» برای ۱۰۰ نسل دست خواهد یافت و به هدف «ریسک اندک» برای ۲۰ نسل دست خواهد یافت (شکل ۳-۶).

در مورد محاسبه N_e فرض می شود که جمعیت نسبتاً پایدار است که اغلب در یک هجری به این شکل است. در این صورت N_e برای همخونی و رانش ژنتیکی همان طور که قبلاً توضیح داده شد، محاسبه می شود.

با این حال، هنگامی که جمعیت کوچک است، نوسانات به شدت در طول نسل ها زیاد می شود، یا

در حال کاهش است، N_e برای همخونی و رانش ژنتیکی متفاوت است؛ زیرا اثر N_e بر روی جمعیت می تواند فوری (رانش ژنتیکی) یا تأخیری (همخونی) باشد. در این صورت، N_e برای رانش ژنتیکی، عدد مؤثر واریانس (N_{ev}) نامیده می شود (۲۹) و عبارت است از:

$$N_{ev} = \frac{4N - 2}{V_k + 2}$$

که در آن N تعداد ماهی ها در نسل والدین و V_k واریانس تولید فرزندان است.

N_{ev} برای مدیریت صید و حفاظت بسیار مهم تر از آن برای پرورش ماهی است؛ زیرا رانش ژنتیکی می تواند اثر مخرب بیشتری در مورد توانایی گونه ها برای زنده ماندن در طبیعت داشته باشد.

اگر تنها هدف ژنتیکی برنامه های صید/حفاظت، به حداقل رساندن رانش ژنتیکی باشد، N_{ev} باید مدیریت شود. N_{ev} برای هر نسل، مستقل از نسل های قبلی تخمین زده می شود. در این مورد، توصیه رایج $N_e(N_{ev})=500$ عملکرد خوبی برای به حداقل رساندن رانش ژنتیکی از والدین به فرزندان برای بیش از ۵۰ نسل دارد (شکل ۳-۴).

با این حال، اگر N_{ev} از جمعیت در نسل های قبلی کوچک بود، یک $N_{ev} = 500$ تنها از بدتر شدن مشکلات ناشی از رانش ژنتیکی جلوگیری می کند اما آسیب ژنتیکی را که قبلاً رخ داده است، معکوس نمی کند.

ماهی های تولیدشده در مراکز تکثیر برای برنامه بازسازی و ذخیره سازی و استفاده از جمعیت وحشی که برای بازسازی ذخایر استفاده می شوند، باعث کاهش N_{ev} می شود. (۳۰)

به عنوان مثال، اگر N_{ev} ذخیره سازی کوچک باشد اما اگر آن ها نقش در تعداد نامتناسب فرزندان نسبت به نسل بعدی داشته باشند، N_{ev} جمعیت در طبیعت می تواند کاهش یابد. راه دیگری که N_{ev} می تواند کاهش یابد در صورتی است که در هجری خانواده های بزرگی تولید می شود، در حالی که والدین وحشی خانواده های کوچک تولید می کنند. این واریانس تولید فرزندان را افزایش می دهد که در واقع می تواند N_{ev} تولید کند که کوچکتر از ترکیب N_{ev} های ترکیبی است.

۴-۳- اهلی سازی

اهلی کردن نوعی انتخاب است که ارگانسیم را با محیط پرورش سازگارتر می کند و همه جنبه های مدیریتی را که با انتخاب آل های موجود در آن استفاده می شود بالا می برد (جمعیت ژن پول را با انتخابی از همه آل هایی که قادر به بهره برداری از شرایط پرورش هستند تغییر می دهد و آل ها کمتر در هجری جا می گیرند). اهلی کردن ترکیبی از انتخاب عمدی و غیر عمدی است. اهلی سازی ژن پول را تغییر می دهد، بنابراین این تغییرات به نسل های بعدی و با گذشت زمان منتقل می شوند، جمعیت به میزان قابل توجهی ناهمسان تبدیل می شود. در کشاورزی، همه گیاهان و حیوانات مهم که پرورش می یابند اهلی شده اند. آبی پروران حیوانات و گیاهانی را که اهلی نیستند پرورش می دهند. اهلی کردن اصطلاحی است که دشوار است تبدیل به کمیت کنید؛ زیرا هیچ لاین کاملی که وحشی را از اهلی جدا کند وجود ندارد. در عوض آن فرایند پیوسته است (اهلی کردن تولیدمثل کنترل شده پیوسته در بیش از ۳ نسل تعریف شده است). (۳۱) می توانیم ببینیم محصول نهایی (اهلی شده) و محصول اولیه (وحشی) در دسترس است و بیشتر به شروع نزدیک تر هستند تا به آخر. اهلی شدن حیوانات از زمانی شروع می شود که پرورش دهندگان ماهی چرخه زندگی و شرایطی را که ماهی در آن پرورش می یابد، کنترل می کنند (نوع خوراک مورد استفاده؛ نرخ ذخیره سازی؛ مدیریت کیفیت آب و غیره) و به ویژه، اینکه کدام ماهی تخم ریزی می کند.

اهلی کردن می تواند به دلیل غیر عمدی انتخاب ماهی با نحوه کار و روشی که یک پرورش دهنده یا یک تفریخگاه انجام می دهد، باعث تغییر جمعیت شود. به عنوان مثال، یکی از راه هایی که پرورش دهنده می تولد ماهی خود را تکثیر کند این است که ماهی ای را تکثیر کند که با تزریق هورمون تخم ریزی می کند؛ یا مدیر مرکز تکثیر زمان تخم ریزی را به ابتدای فصل تخم ریزی تغییر دهد. ماهی های مولد را از اولین صید در تور که برداشت آن ها آسان است، انتخاب کنید، در حالی که ماهی هایی را که در حوضچه پس از چندین تلاش ملنده لند و هنرمندلنه قادر به فرار هستند، انتخاب نکنید. ماهی در شرایط پرورش متراکم برای ماهی هایی که شرایط زندگی تنزل یافته و استرس زا را تحمل می کنند انتخاب می شود، ماهی های مولد که تحرک زیادی دارند و کار با آن ها دشوار است، و نمی تواند ماهی مطیع و آرام بیشتری تولید کند، حذف شوند.

اصلاح رفتاری ساده ممکن است مؤلفه ای از اهلی کردن باشد یا نباشد؛ به عنوان مثال، ماهی ها یاد

می گیرند که چه زمانی تغذیه می شوند و به صدای کامیون خوراک یا سروصدایی که فیدر ایجاد می کند پاسخ می دهند. این رفتار مطلوب است؛ زیرا این اطمینان را می دهد که خوراک سریع خورده می شود و کمتر پسماند دارد. اگر چنین رفتاری اساس ژنتیکی داشته باشد، بخشی از اهلی کردن است، اما اگر این رفتار آموخته شده اساس ژنتیکی نداشته باشد، به نسل بعدی منتقل نمی شود و اهلی شدن نیست.

اهلی شدن در پرورش ماهی مفید است؛ زیرا باعث تولید بیشتر می شود. ماهی ماهر، ماهیانی هستند که در خوراک مصنوعی رشد می کنند که باعث افزایش سرعت رشد می شود، و آن هایی که تحمل تراکم، جابجایی و کاهش کیفیت آب را و استرس و بیماری های بعدی را تحمل می کنند. اهلی سازی نشان داده که میزان رشد ماهیان پرورشی را ۲-۶ درصد در هر نسل افزایش می دهد. (۳۲)

با این حال، آبی پروران همچنین ماهی هایی را پرورش می دهد که در مناطق طبیعی برای حملیت از صید مبتنی بر پرورش (فصل ۸) و بازسازی گونه های در معرض خطر (فصل ۹) رهاسازی می شوند، و برای این نوع مدیریت، اهلی سازی مضر است؛ زیرا می تواند تغییرات ناخواسته ای در ژنوم ایجاد کند. (۳۳) متأسفانه، عمل ساده کردن تخم ریزی ماهی و یا بالا بردن تخم ریزی آن ها باعث ایجاد اهلی کردن ماهی می شود که می تواند ماهی هایی تولید کند کمتر در طبیعت باقی می ماند. به عنوان مثال، زنده ماندن در طبیعت بسیار پرتنش است و ماهی ها وقتی لارو هستند بیشتر می میرند. پرورش دهندگان محیط هایی را ایجاد می کنند که احتمال بقا در آن به حداکثر برسد، بنابراین ژنوتیپ هایی که می توانند در طبیعت ناسازگار باشند در مرکز تکثیر کشنده نیست. افزایش بازماندگی اولیه در مرکز تکثیر روال معمول عمل در آبی پروری نوعی اهلی کردن است که نشان داده شده که تأثیر غیرمستقیمی در انتخاب اندازه تخمک کوچکتر دارد که در نوبه خود باعث کاهش زنده ماندن در طبیعت می شود. حتی اگر تنها شکل پرورش ماهی جمع آوری تخم های وحشی، پرورش فرای و انگشت قدها برای مدت کوتاهی و سپس ذخیره کردن آن ها باشد اهلی کردن صورت خواهد گرفت. تولید مثلی ماهی موجود متفاوت از همتایان وحشی آن است.

شیوه های مدیریتی ای که اهلی کردن ماهی ها را برای رهاسازی در طبیعت به حداقل می رساند در فصل ۸ ذکر شده است.

۵-۳- محدودیت‌ها و فرصت‌ها

یک محدودیت عمده برای بهبود مدیریت در این زمینه، واقعیت است که اکثر آبی‌پروری‌ها در ژنتیک ضعیف هستند. غالباً به این دلیل که آن‌ها این شیوه مدیریتی را نمی‌فهمند و احساس می‌کنند این نوع از مدیریت لازم نیست. محدودیت دوم این است که بسیاری از آبی‌پروران از مزایایی که از ترکیب برنامه‌های مدیریت ژنتیکی بلندمدت حاصل می‌شود، آگاهی ندارند (فصل‌های ۴ و ۶) و به‌طور مرتب ماهی‌هایی را پرورش می‌دهند که inbred یا تنوع ژنتیکی کاهش یافته‌اند و ذخیره ژنتیکی آسیب‌دیده ژنتیکی را انجام نمی‌دهد. آن‌ها همچنین متوجه نیستند که بهبود در سایر جنبه‌های پرورش ماهی (به‌عنوان مثال خوراک بهتر) فقط ممکن است کاهش پتانسیل ژنتیکی را جبران کند. هزینه‌های افزایش‌یافته همراه با به حداقل رساندن همخونی و رانش ژنتیکی با بهبود تولید جبران می‌شود (فصل ۶). دومین محدودیت زمانی اتفاق می‌افتد که مدیران مراکز تکثیر و مدیران منابع به دلیل تولید ماهی زیاد پاداش می‌گیرند اما ماهی‌های تولیدشده آن‌ها لزوماً خوب نیستند؛ زیرا مدیریت ژنتیکی و ارزیابی صحیحی روی آن انجام نشده است. پرورش‌دهندگان ماهی و مدیران منابع باید درک کنند که باید بر تولید ماهی‌های کمتری با عملکرد بهتر که بهره‌وری دارد و منابع را بهبود می‌بخشد، مدیریت داشته باشند. محدودیت سوم مالی است؛ زیرا بسیاری از مراکز توانایی گسترش و یا بازسازی فضای مورد نیاز برای تولید و استخدام نیروی جدید را ندارد. بنابراین وقتی چنین امکاناتی ندارند باید تعداد ماهی‌های لازم را برای تخم‌ریزی یا اهلی کردن برای صید و برنامه‌های حفاظت به حداقل برسانند. در نهایت ترکیب مدیریت ژنتیکی در پرورش ماهی باید دست‌درست با آبی‌پروری خوب و تحولات در تغذیه یا سلامت ماهی باشد.

خوشبختانه، بسیاری از رهبران و سیاست‌گذاران در حال شروع به درک مدیریت منابع ژنتیکی هستند که مفهومی انتزاعی نیست، بلکه می‌تواند امنیت غذایی و ثبات زیست‌محیطی را بهبود بخشد.

۴- روش‌های بهبود ژنتیکی در آبی‌پروری (۳۴)

۴-۱- مقدمه

آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه فائو شامل چندین عنوان است که به موضوعات خاص کاربرد روش‌های بهبود ژنتیک موجود در آبی‌پروری می‌پردازند (موراد ۹۰.۱.۲، ۹۰.۱.۳، ۹۰.۳.۱ و ۹۰.۳.۳). این مفاد مرتبط به خطرات توسعه آبی‌پروری، و به‌طور خاص توسعه و گسترش ذخایر تغییر یافته ژنتیکی و محیطی اکوسیستم‌های طبیعی است. این فصل تمرکز خود را بر مرور روش‌های مورد استفاده در بهبود ژنتیکی از گونه‌های آبی‌پروری و میزان کاربرد فعلی و آتی آن‌ها در آبی‌پروری قرار داده است. اما این روش‌ها با سود و خطرات ناشی از پذیرش و کاربرد آن‌ها با توجه به منافع کوتاه و درازمدت بودن آن‌ها برای توسعه آبی‌پروری در نظر گرفته شده است. این خطرات با جزئیات بیشتر در فصل‌های ۷ و ۹ توضیح و راهنمایی‌هایی برای بررسی و کاربرد در استفاده از پیشرفت‌های مختلف فناوری ژنتیکی در آبی‌پروری ارائه شده است.

همان‌طور که در فصل‌های مختلف این کتاب بیان شده است: بیشتر اشکال مداخلات انسانی در بیش از یک نسل از چرخه زندگی، گونه‌های پرورشی ژنتیکی‌ای را به وجود می‌آورد که باعث تغییر ذخایر از طریق فراوانی ژن‌ها می‌شود. در فصل سوم، فرآیندی که به‌وسیله این تغییر ژنتیکی رخ می‌دهد تشریح شده است. این فرآیند از طریق همخونی و رانش ژنتیکی و تغییر فراوانی‌های ژن و آلل (و صفات فنوتیپی مرتبط) از طریق انتخاب ناخودآگاه رخ داده است. این تغییرات ژنتیکی معمولاً نتیجه ناآگاهی از عواقب ژنتیکی مدیریت ذخایر اهلی از طریق نسل‌های متوالی است. این فصل بر پیامدهای اضافی مرتبط با تغییرات ژنتیکی ذخایر کشت‌شده با استفاده از طیف وسیعی از فناوری‌های بهبود ژنتیکی متمرکز است.

۴-۲- بهبود ژنتیکی در آبی‌پروری

دوران بهبود ژنتیکی مدرن در آبی‌پروری از اواسط دهه ۱۹۷۰ با شروع برنامه‌های به‌گزینی در ماهی آزاد اقیانوس اطلس نروژی آغاز شده است. تنها طی دو دهه گذشته بسیاری پذیرفته‌اند که بهبود ژنتیکی نقش مهمی در توسعه آبی‌پروری دارد و می‌توان دستاوردهای ژنتیکی چشمگیری

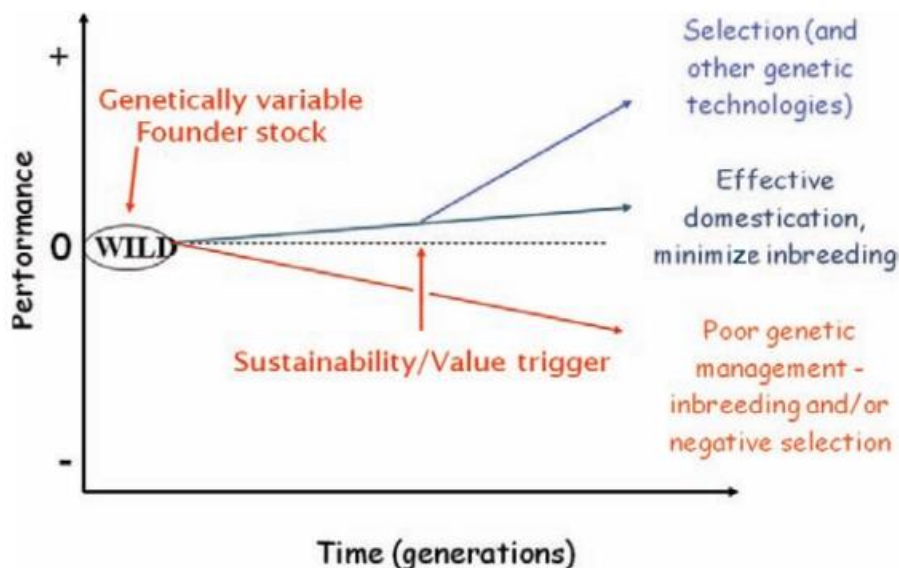
با استفاده مناسب و برنامه‌ریزی شده از اصلاح نژاد در گونه‌های آبی به دست آورد. در نتیجه اکنون برنامه‌های اصلاح نژادی در سراسر جهان وجود دارد و اجرا می‌شود.

همچنین درک متفاوتی از نقش ژنتیک در آبی‌پروری و زمان مناسب مداخلات ژنتیکی وجود دارد. اکنون فهم گسترده‌تری از اهمیت مدیریت تنوع ژنتیکی وجود دارد که برای جلوگیری از خراب شدن ذخایر نسبت به زمان اهلی شده ابتدایی (یا معرفی شده) از طریق همخونی، رانش ژنتیکی و انتخاب ناخودآگاه (به فصل سوم رجوع شود) برای استفاده از مزایای اهلی کردن و به حداکثر رساندن پتانسیل برای بهبود ژنتیکی بعدی استفاده می‌شود (شکل ۴.۱).

در بسیاری از موجودات آبی مورد استفاده در آبی‌پروری تعداد گزینه‌هایی بیشتری برای بهبود ژنتیکی، از آنچه که به راحتی قابل استفاده در موارد بالا گفته شد که به عنوان یک نتیجه از خصوصیات و خصوصیات بیولوژیکی خاص آن‌ها است، وجود دارد. بنابراین تکنیک‌هایی مانند دستکاری کروموزومی، کنترل جنسیت و انتقال ژن و بسیاری از گزینه‌های جالب توجه را مورد بررسی قرار داده و می‌تواند استفاده شود.

در حالی که پیشرفت قابل توجهی در حال انجام است و ذخایر بهبودیافته ژنتیکی در آبی‌پروری به آسانی در دسترس هستند، بیشتر ماهی‌ها هنوز به ژنوتیپ‌های وحشی شباهت زیادی دارند. برای اینکه آبی‌پروری بتواند به شرایط فعلی تولید دام و محصولات زراعی برسد، نیاز به طی کردن راهی طولانی دارد. تولید تقریباً بر روی گونه‌های بهبودیافته ژنتیکی و کشت ژرم پلاسما وحشی عملی نمی‌شود.

شکل ۴-۱: تصویری فرضی از سناریوهای مختلف است که می‌تواند با مدیریت ژنتیکی ضعیف در مقابل خوب به وجود آید. بی‌توجهی به مسائل مدیریت ژنتیکی در موارد متعدد منجر به کاهش عملکرد ذخایر پرورشی شده است. هدف از توسعه بخش آبی‌پروری باید مدیریت مؤثر تنوع ژنتیکی در ذخایر بومی شده باشد که امکان تحقق منافع حاصل از انتخاب بومی‌سازی را فراهم کند. نقش و اهمیت مدیریت و حفظ تنوع ژنتیکی در زمانی که یک شرکت یا بخش تولید به سطحی از بلوغ، ارزش و یا پایداری اقتصادی می‌رسد، این است که باید مواد اولیه را برای موفقیت اصلاح انتخابی فراهم کند تا سرمایه‌گذاری در بهبود ژنتیکی برنامه‌ریزی شده آغاز شود.



۴-۳- رویکردهای پیشرفت ژنتیکی

این بخش به طور خلاصه روش‌های مختلف بهبود ژنتیکی قابل استفاده در مورد گونه‌های آبزیان پرورشی را شرح می‌دهد، خلاصه‌ای از پیشرفت‌هایی را که در آبی‌پروری مدرن انجام می‌شود، بیان کرده و موضوعات اصلی برای بهینه‌سازی مزایای آبی‌پروری و شیوه‌های به حداقل رساندن خطرات ژنتیکی و عوامل ایجاد یکپارچگی محیطی در ذخایر وحشی را مشخص می‌کند.

۴-۳-۱- به‌گزینی

اساس به‌گزینی، انتخاب افرادی است که دارای ارزش ژنتیکی بالایی برای یک فنوتیپ (ویژگی) مورد نظر به‌عنوان والدین هستند، به‌گونه‌ای که می‌توانند ژن‌های برتر خود را در نسل‌های بعدی به فرزندان منتقل کنند. از این راه می‌توان مقدار میانگین ویژگی جمعیت پرورشی هدف را در جهت مطلوب در هر نسل متوالی تغییر داد. در برنامه‌های اصلاح نژاد لازم است که از دست دادن تنوع ژنتیکی به حداقل برسد. در طول این فرآیند از هر گونه تغییری (مثلاً ممکن است از طریق هم‌خونی به وجود آید) اطمینان حاصل کنید؛ زیرا این دستاوردهای ژنتیکی برای بسیاری از نسل‌ها حاصل می‌شود.

با توجه به تعهد بلندمدت ضمنی در شروع اصلاح نژاد، ضروری است که ذخیره برای بهبود بخشی از اهمیت تجاری و آبی پروری پایدار باشد. بنابراین بررسی توسعه و پتانسیل های آبی برای بخش مورد نظر قبل از سرمایه گذاری در هر استراتژی بلندمدت بهبود ژنتیکی مهم است.

قبل از شروع اصلاح نژاد باید شرایط دیگری هم فراهم شود: در مرحله اول، چرخه عمر گونه باید در اسارت کنترل شود. از این رو لازم است که ویژگی یا ارزش های تجاری شناسایی و هدف از طریق فرایند ارزیابی وزن اقتصادی صفات که می تواند واقع بینانه از طریق بهبود ژنتیکی اصلاح شود، شناسایی گردد. این صفات باید متغیر در جمعیت و ترجیحاً در تولیدمثل قابل اندازه گیری باشد مانند حیوانات زنده (صفاتی مانند عملکرد فیله که در حیوانات وقتی کشته می شوند به بهترین وجه قابل اندازه گیری هستند، چالش های بیشتری را برای ورود به گزینی نشان می دهد). صفات ایده آل برای انتخاب شدن باید درجه ای از متوسط تا سطح بالایی از وراثت پذیری را داشته باشد، بنابراین احتمالاً به آسانی حتی به مقدمات به گزینی نیز پاسخ خواهد داد. وراثت پذیری معیار میزان تغییر پذیری است در یک صفت خاص که توسط ژنتیک تعیین می شود و از ۰ (بدون تأثیر ژنتیکی) تا ۱ متغیر است (جایی که ژنتیک کل صفت را کنترل می کند). به تعبیر رسمی تر وراثت پذیری نسبت فراوانی فنوتیپی یک صفت است که توسط آن نقش دارد در واریانس ژنتیکی افزودنی و منعکس کننده پتانسیل تولید پاسخ برای انتخاب آن صفت است. وراثت پذیری ۰.۱۵ تا ۰/۵ نشان می دهد یک صفت پاسخ خوب به انتخاب خواهد داد اگرچه روش ها و تجزیه و تحلیل آماری وجود دارد می تولند به طور مؤثر صفات وراثت پذیری کم را انتخاب کند. (۳۵) همچنین مهم است، به خصوص، رابطه همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات را تعیین کنید. هنگام توسعه شاخص های انتخاب که در آن دو یا چند صفت ممکن است به یک مقدار واحد ترکیب شوند.

اولین قدم اساسی در شروع یک برنامه به گزینی شناسایی ایجاد جمعیت پایه مناسب برای به حداکثر رساندن پتانسیل افزایش ژنتیکی بلندمدت و تقویت عملکرد پرورش است. جمعیت پایه باید از نظر ژنتیکی بسیار متنوع و باید در درجه اول مبتنی بهترین جمعیت موجود در دسترس باشد (جایی که داده های عملکرد شناخته شده است یا می توان به دست آورد). در واقعیت این احتمالاً مستلزم ایجاد کامپوزیت خواهد بود. جمعیت پایه با استفاده از ژرم پلاسما منبع با منشأ مختلف که اغلب از جمعیت های مختلف ژنتیکی گسسته مشتق شده است (اهلی و یا وحشی) مانند برنامه

مهم تولید تیلاپیا موردی که به GIFT معروف بود. (۳۶)

بنابراین مهم است که بدانیم که جمعیت پایه، به‌خوبی، برای برنامه‌های به‌گزینی از نظر ژنتیکی ساخته شده‌اند که افراد را از جمعیت وحشی متمایز می‌کند و بنابراین جمعیت‌هایی که به‌مرور زمان فراوانی ژن در طبیعت می‌تواند داشته باشد تهدید بالقوه‌ای برای مقابله قابل توجه با جمعیت وحشی تغییر یافته ژنتیکی تمامیت ژنتیکی است، یک ذخیره اصلاح نژاد با هویت ژنتیکی منتخب پیشرفت می‌کند و احتمالاً به‌تدریج از هر گونه جمعیت وحشی دور می‌شود (به بخش‌های ۳، ۴، ۸ و ۹ مراجعه کنید). یکی از روش‌ها برای رفع این ریسک، ایجاد لاین‌های انتخاب شده فقط از ذخایر بومی (یعنی جمعیت پایه از درون جمعیت محلی گرفته می‌شوند) و سپس پرورش و توزیع آن جمعیت در سایت‌های طبیعی محدود است که این روش پرهزینه و مانع از انتخاب است. در برنامه اصلاح نژاد بر بهبود صفات کمی (یعنی آن دسته از فنوتیپ‌ها که ماهیت کمی دارند و در توزیع مداوم هستند) و بر سرعت رشد که معمولاً اولین صفت مورد نظر بهبود است، تأکید می‌شود. صفات کیفی (مانند رنگ، بدن یا شکل باله یا جنس) معمولاً توسط یک یا دو مکان ژنی کنترل می‌شوند و از طریق وراثت می‌توان تحت تأثیر قرار گیرد. این امری معمول در آبی‌پروری ماهیان زینتی است که ارتباط کمی با آبی‌پروری به منظور تولید غذا دارد.

نرخ رشد معمولاً در اکثر موارد بالاترین صفت اصلی ارزش اقتصادی است. این امر در بخش‌های آبی‌پروری و به‌ویژه در سیستم گسترده و نیمه‌گسترده صادق است؛ سیستم‌هایی که ماهی‌ها به جای فرآوری شدن به‌طور کامل یا با شکم خالی و سرد شده فروخته می‌شوند. به‌گزینی موفقیت‌آمیز برای رشد می‌تولند ماهی را در اندازه بزرگتر و با ارزش بیشتر با کوتاه کردن دوره پرورش و تراکم بیشتر تا برداشت تولید کند. در سیستم‌های متراکم معمولاً صفاتی مانند ضریب تبدیل غذا و عملکرد فیله اهمیت اقتصادی نسبتاً بیشتری دارند، اگرچه انتخاب صفات خاص دشوارتر است.

روش‌ها و برنامه‌های اصلاح نژاد با جزئیات خارج از موضوع این فصل است (۳۷). تصمیم در مورد روش اصلاح نژاد مورد استفاده، به طیف وسیعی از عوامل از جمله: وراثت‌پذیری صفت هدف (در صورت شناخته شدن)، نوع صفت، سهولت اندازه‌گیری در موجودات زنده از نظر تولیدمثل و زیست‌شناسی و تولیدمثل بستگی دارد (از جمله باروری). در جدول ۴.۱ ویژگی‌های کلیدی

رویکردهای مختلف به اصلاح نژاد خلاصه شده‌اند. هدف از هر برنامه اصلاح نژاد انتخاب بهترین افرادی است که برای ایجاد نسل بعدی آن بدون از دست دادن تنوع ژنتیکی انتخاب می‌شود. طراحی برنامه اصلاح نژاد همواره شامل مجموعه‌ای از صفات و یا ترکیبی از صفات در مورد ویژگی‌های انتخاب آنها می‌باشد. طرح‌های ایده‌آل شامل آمیزش کاملاً شجره‌ای خواهد بود و توسط منابع فیزیکی و انسانی، تعداد مولدها، سیستم‌های علامت‌گذاری / برچسب زدن (یا ظرفیت جداسازی فیزیکی خانواده‌ها و افراد) و خواص گونه‌ها (مانند باروری، زمان تولید و سهولت اصلاح نژاد کنترل شده) محدود می‌شود.

جدول ۴-۱- خلاصه‌ای از خصوصیات اصلی گزینه‌های مختلف برای طراحی اصلاح نژاد

نمونه به‌گزینی	شرح	مزایا	معایب
به‌گزینی انفرادی یا انبوه	همه افراد در آن ترکیب و اندازه‌گیری می‌شوند. انتخاب انفرادی به‌عنوان مولدین در آینده بر اساس فنوتیپ و ارزش صفات انفرادی است.	آسان است و به رکوردهای کمی نیاز دارد شناسایی فردی و شجره‌نامه سوابق لازم نیست. نسبتاً کم‌هزینه برای صفات با وراثت‌پذیری زیاد می‌تواند سود کسب کند.	محدود به صفاتی با وراثت‌پذیری بالا فقط در صفات قابل اندازه‌گیری در کاندید اصلاح نژاد استفاده می‌شود. مشکل برای کنترل همخوانی مهم برای کنترل کلیدی تأثیرات محیطی مانند سن، اندازه در ذخیره‌سازی، کیفیت آب، تغذیه و غیره پتانسیل برای نتایج بسیار متغیر مشارکت در نسل‌های آینده دارد افزایش رانش ژنتیکی
به‌گزینی بین کوهورت	تنوع که در آن مولدین خودسرانه هستند تقسیم به گروه‌های مشترک با انتخاب فردی انجام شده است در داخل گروه‌ها آمیزش با چرخش اجتناب می‌شود. جفت‌گیری افراد منتخب با گروه‌های دیگر کوهورت	کنترل همخوانی جفت‌گیری لازم نیست عملکرد فردی در کوهورت آثار زیست‌محیطی را برطرف می‌کند نیاز به تخصص فنی محدود دارد	با ویژگی‌های وراثت‌پذیری بالا بهترین کار را دارد. فقط در صفات قابل اندازه‌گیری بر روی کاندید اصلاح نژاد استفاده می‌شود. هنوز نیاز به کنترل سن در گروه‌ها دارد.

به‌گزینی بین خانوادگی	خانواده‌های متعدد هستند با افراد مستقل به‌طوری که در داخل انتخاب شده حفظ می‌شود. هر خانواده بر اساس انحراف از ارزش میانگین صفت آن‌ها از خانواده است.	جفت‌گیری بین خانواده‌ها با چرخش می‌تواند هم‌خونی کنترل کند. مدیریت نسبتاً آسان مفید وقتی که در آن واریانس محیطی برای اعضای یک خانواده مشترک است. کنترل واریانس محیطی برای هر خانواده آسان است. شدت انتخاب بالا را می‌دهد.	از وراثت‌پذیری کاملاً سوءاستفاده نمی‌کند. بنابراین پاسخ به انتخاب کاهش می‌یابد واریانس را در نظر نمی‌گیرد عملکرد بین خانواده‌ها. فقط برای صفاتی قابل اندازه‌گیری بر روی نامزد پرورش استفاده می‌شود. خانواده‌ها باید جداگانه نگهداری شوند یا همه افراد هر خانواده علامت گذاری شوند.
به‌گزینی ترکیبی	انتخاب افراد مبتنی بر اطلاعات فرد است اطلاعات از بستگان مقادیر متوسط برای هر خانواده مشخص است و تمام خانواده‌ها بسته به این میانگین حفظ یا حذف می‌شوند.	کاملاً از واریانس ژنتیکی افزودنی و استفاده می‌کند. کنترل هم‌خونی قابل کنترل است. برای صفات با وراثت‌پذیری کم مفید است برای صفاتی که قابل اندازه‌گیری در اصلاح نژاد انفرادی خوب است (به‌عنوان مثال بازده فیله) یا این خطر را ایجاد می‌کند. همان‌طور که خواهر و برادر می‌توانند چالش تست بیماری را انجام دهند. مدل‌ها برای در نظر گرفتن همه اثرات سیستماتیک بر روی صفات هدف است.	به جفت‌گیری و خانواده نیاز دارد. به‌طورکلی هزینه بر و گران است امکانات زیاد و کارگر فشرده نیاز دارد اگر خانواده‌ها علامت‌گذاری و در محیط مشترک ذخیره شوند، کاهش می‌یابد. به سطح بالایی از تخصص ژنتیک نیاز دارد. اثرات محیطی باید حداقل باشد و اندازه خانواده حفظ شود. ثبت دقیق از جمله شجره‌نامه‌ها به‌طورکلی به پرورش خانواده‌های فردی و نشانه‌گذاری در تانک‌ها و پرورش جداگانه نیاز است.

ارزش اضافی به‌گزینی	شرح	مزایا	معایب
ادغام خانواده و ژوتیپ	جایی که نشانگرهای ژنتیکی وجود دارند که می‌تواند شجره‌نامه را فعال کند. تکلیف افراد انتخاب شده می‌تواند در مرحله اولیه خانواده تعیین شود و منشأ آن‌ها در هنگام برداشت مشخص می‌گردد.	اجازه می‌دهد خانواده‌ها در یک محیط مشترک در سرتاسر چرخه تولید پرورش داده شوند. برخی از هزینه‌ها تا زمان برداشت به تعویق می‌افتد و کاهش خطر دارد منابع کمتری مورد نیاز است	بقای افتراقی در دسته‌های ادغام شده به‌خصوص در سنین پایین می‌تواند منجر به ناهمواری سهم خانواده شود. اطلاعات خانوادگی فقط هنگام برداشت به دست می‌آید. درعین‌حالی که تجزیه و تحلیل نشانگر ژنتیکی در حال انجام است نیاز به شناسایی ماهی انتخاب شده است.
شاخص به‌گزینی	شاخص به‌گزینی می‌تواند بر اساس وزن چندین صفات مهم تجاری تولیدشده به نسبت اهمیت آن‌ها باشد. به‌عنوان استاندارد در انتخاب ترکیبی استفاده می‌شود.	سود را برای صفات چندگانه بهینه می‌کند.	وزن اقتصادی صفات موجود در هدف اصلاح نژادی نیاز است.

با برخی از برنامه‌های متعدد اصلاح نژاد اخیر نتایج چشمگیر از نظر پاسخ به انتخاب با کسب ۱۳ تا ۱۵٪ صفات اصلی در هر نسل ظاهر می‌شوند. این سود از آنچه معمولاً در برنامه‌های دامداری به دست می‌آید بیشتر است و ممکن است عملکرد سطوح بالای تنوع ژنتیکی موجود در آبزیان پرورش داده شده باشد گونه‌های با باروری زیاد امکان انتخاب بیشتر را فراهم می‌آورد. شدت بیش‌ازحد ممکن است در دام‌های کم‌بارور وجود داشته باشد. واضح است که ارزش اقتصادی چنین دستاوردهای قابل توجهی طی چندین نسل بسیار مهم است (۳۸) و برآورد ۱:۱۵ بازده سرمایه‌گذاری در برنامه پرورش ماهی آزاد نروژی غیر واقعی نیست (همچنین به فصل ۶ مراجعه کنید).

با توجه به تجربه کم اصلاح نژاد در آبی‌پروری ذخیره انتخاب شده که در حال توسعه هستند، هنوز به لحاظ فنوتیپی در بیشتر موارد اختلاف زیادی با انواع گونه‌های وحشی ندارند. هنوز هم در محیط طبیعی زنده می‌مانند اگر فرار کنند یا به‌عمد وارد شوند، با بستگان وحشی محیطی که از آن مشتق شده‌اند، تولیدمثل کرده و تکثیر می‌شوند. باگذشت زمان و با ادامه اصلاح نژاد برای صفات مهم تجاری، این سطح از واگرایی فنوتیپی به حدی افزایش می‌یابد که لاین منتخب به‌گونه‌ای خاص تنظیم می‌شوند همان‌طور که امروزه برای بسیاری از گونه‌های دام‌ها و محصولات کشاورزی ما وجود دارد و وابسته به محیط پرورشی و قادر به پیشرفت و تولیدمثل نیست. تخمین می‌زند که این انتقال چه مدت طول خواهد کشید، احتمالاً تبدیل شدن بیشتر ذخایر آبزیان که از انواع وحشی متفاوت شوند به طول می‌انجامد دشوار است. در طی این مرحله اصلاح نژاد خطری برای ذخایر وحشی می‌باشد و نشان‌دهنده مراحل آن برای ارزیابی، مدیریت و به حداقل رساندن این ریسک است. (فصل‌های ۷ و ۹).

۲-۳-۴- هیبریداسیون و تلاقی متقابل (Cross-breeding)

هیبریداسیون تکثیر دو گونه جداگانه است درحالی‌که تلاقی متقابل دو واریته مختلف در یک گونه است. هر دو این تلاقی‌ها معمولاً با هدف بهره‌برداری واریانس ژنتیکی غیر افزودنی از طریق شناسایی مثبت معنی‌دار هتروزیس صورت می‌گیرد، همچنین برای صفات مهم تجاری با عنوان «قدرت ترکیبی» شناخته می‌شود. هتروز مثبت وقتی رخ می‌دهد که ترکیب یا مقاطع عملکرد بهتری از میانگین دو گونه والدین یا ذخیره داشته باشد. از نظر عملی هتروزیس فقط در صورت عملکرد هیبریدی یا مقاطع بهتر از هر دو نوع والدین یا ذخیره بسیار اهمیت می‌یابد. هنگام

ارزیابی هتروزیس ارزیابی صلیب متقابل مهم است؛ زیرا هتروز بسته به گونه/ذخیره والدین مادری یا پدری متفاوت است.

هم تلاقی متقابل و هم هیبریداسیون تکنیک‌های نسبتاً ساده‌ای هستند و می‌تواند تأثیر فوری بر عملکرد در یک نسل داشته باشد. با این حال، این مزیت محدود است و فقط به‌طور خاص تلاقی ترکیبی هدفمند بین لاین‌های اصلی والدین بهینه می‌شود. مگر اینکه لاین والدین برای نسل‌های مختلف برای ترکیب عمومی یا توانایی خاص آن‌ها انتخاب شوند و در نتیجه برنامه‌های اصلاح نژاد پیچیده و نسبتاً کند می‌شود. بعضی از هتروزها در صورت وجود تعداد جمعیت در نسل‌های بعدی قابل نگهداری هستند. بنابراین کراس معمولاً به‌عنوان یک پتانسیل همان‌طور که گفته شد به یک برنامه بهبود ژنتیکی افزودنی اضافه می‌شود. به‌عنوان مثال تأثیرات حاصل از اصلاح نژاد در لاین انفرادی انتخابی انبوه ممکن است رخ دهد. هتروز برای صفات تجاری مهم اگرچه شواهد قابل توجهی دارد نسبتاً نادر است از نظر هتروزیس برای رشد نقش مهمی در تولید کراس در بهبود تجاری صدف را نشان می‌دهد. (۳۹)

با توجه به‌سادگی نسبی آن، تلاش تحقیقاتی زیادی برای تلاقی ترکیبی بین گونه‌های متعدد با صدها هیبرید در سه دهه گذشته صورت گرفته است. با توجه به این تلاش بزرگ، تحقیقاتی به‌ویژه در مورد کپور ماهیان در آبی‌پروری آسیا انجام شده است. هیبریدهای نسبتاً کمی در تولید تجاری هستند. درحالی‌که استفاده از هیبرید در آبی‌پروری ممکن است تا حدودی این میزان نسبتاً کم گزارش شود. نرخ بازده در تحقیقات هیبریداسیون نشان می‌دهد مزایای تجاری هیبریدها محدود است و یا وجود ندارد. چند مثال از هیبریدهای تجاری مانند تیلایپا در چین و اسرائیل (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*)، گربه‌ماهی ترکیبی (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) در تایلند و آسیای جنوب شرقی، وباس راه‌راه ترکیبی (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) وجود دارد. موفقیت این هیبریدها به دلیل «اثر مکمل» (به‌عنوان مثال خاصیت قابل‌فروش در بازار ترکیبی از گونه‌های والدین مانند درصد نرها بالا در تیلایپا و ویژگی‌های کیفیت محصول خوب در گربه‌ماهی) و نه هتروزیس مثبت برای صفات کمی است. چالش عمده در آنجا که هیبریدها به‌صورت تجاری تولید می‌شوند، خطر تجاوز به ذخایر والدین گونه خالص از طریق آلودگی توسط هیبریدها است (به‌عنوان مثال یک کراس ترکیبی از

والدین)، باید از این کار اجتناب کرد. با یکبار رخ دادن این کار، سیستم تجزیه می‌شود و عملکرد هیبریدهای فرضی F_1 (که ممکن است درواقع ترکیبی از F_2 هیبریدها و backcrosses) متناقض و غیرقابل پیش‌بینی خواهد شد.

هیبریداسیون بین گونه‌های ماهی نزدیک به هم به آسانی صورت می‌گیرد، هیبریداسیون می‌تواند تصادفی باشد همان‌طور که به‌عنوان مثال در کپورهای اصلی در بعضی از کشورها دیده می‌شود. F_1 هیبریدها ممکن است به‌صورت تصادفی یا عمداً به‌عنوان مولد در یک کراس یا در تولید F_2 در طول نسل‌ها استفاده شود. این امر منجر به اختلاط و جدایی عمومی ژن‌های موجود در گونه‌های اصلی والدین خواهد شد که معروف به درون‌گرایی است. با این جداسازی مستقل از ژن فنوتیپ‌های حاصل بسیار متغیر است و تشخیص بعضی از ماهی‌های حامل ژن دخیل از گونه‌های خالص اصلی به‌راحتی امکان‌پذیر نیست. در تیلاپیا و سایر گروه‌های گونه‌ای که در آنجا ترکیبی هستند معمول است به‌راحتی می‌توان مصنوعی یا طبیعی هیبرید تولید کرد. جایی که در کپور اصلی چینی و هندی (به‌عنوان مثال در بنگلادش (۴۰) که هیبریدها یا به دلیل علاقه علمی یا به دلایل کمبود مولد برخی از گونه‌ها تولید شدند) این اتفاق می‌افتد تزریق ترکیبی بسیار محتمل است. پیامدهای منفی برای سیستم‌های گسترده کشت کپور در نتیجه از دست دادن استراتژی‌های مختلف تغذیه گونه‌های خالص و در نتیجه کاهش راندمان تولید و خوراک است. جایی که بدون برنامه‌ریزی پیامدهای بلندمدت چنین موارد غیرقابل‌اجتناب است در صورت وجود سیستم‌هایی که در آن وجود داشته باشد، می‌توان وقایع هیبریداسیون را به حداقل رساند.

بنابراین توصیه می‌شود از هیبریداسیون در آبی‌پروری جلوگیری شود مگر اینکه بخشی از یک استراتژی سیستماتیک برای سوءاستفاده از هتروزیس یا مکمل اثرات برای صفات مهم تجاری باشد. چالش اصلی در برنامه‌ریزی تلاقی متقابل و هیبریداسیون برای اطمینان از استفاده کردن مناسب از آن این است که مزایای اقتصادی واقعی برای یک برنامه هیبریداسیون وجود دارد که باید به‌گونه‌ای مدیریت شود که تلاقی ناخواسته یا کنترل نشده در آن در مراکز تکثیر و ذخایر وحشی رخ ندهد.

۳-۳-۴- دستکاری مجموعه کروموزوم

در ماهی و صدف می‌توان مجموعه‌های کاملی از کروموزوم‌ها را از طریق اختلال در روند تقسیم سلولی در تخم تازه بارور شده دستکاری کرد. این تکنیک‌ها به‌طور کلی در موجودات بالاتر امکان‌پذیر نیست. چهار نوع دستکاری که معمولاً کاربرد دارند: ژینوژنیز، آندروژن، تری‌پلویدی و تتراپلویدی نام دارد.

آندروژن و ژینوژنیز اشکال وراثت ناشی از والدین یا پارتنوژن است که در آن به ترتیب سهم ژنتیکی نر یا ماده با نوعی تابش گامت‌ها، کروموزوم آن از بین می‌رود و سپس کروموزوم نر یا ماده دو برابر می‌شود. برای دو برابر شدن هاپلوئید شوک فیزیکی (در ماهی‌های استخوانی) و بعضی اوقات شوک‌های شیمیایی (عمدتاً در صدف‌ها) برای بازگرداندن دیپلویدی، می‌دهند. نتایج دیپلویدی ژینوژنتیک یا آندروژنتیک به‌طور کامل بستگی به نحوه احیای دیپلویدی دارد. هموزیگوت (یعنی ۱۰۰٪ inbred) افراد می‌توانند به‌عنوان پایه تولید کلون ایزوژنتیک استفاده شوند. لاین که در آن ماهی‌ها از نظر ژنتیکی یکسان هستند. ژینوژنیز و میزان کمی از آندروژنیز در طیف گسترده‌ای از گونه‌های ماهی‌ها و صدف‌ها و تعدادی از برنامه‌های کاربردی تحقیقاتی و کاربردی مانند اساس ژنتیکی تعیین جنسیت، القای سریع تجزیه و تحلیل همبستگی، نقشه‌برداری ژنتیکی و تجزیه و تحلیل QTL (quantitative trait loci) استفاده شده است. آندروژن همچنین می‌تواند در اصل برای بازیابی ژنوتیپ اسپرم منجمد شده استفاده شود؛ جایی که تخم‌هایی از همان گونه در دسترس نیستند. با این حال کاربردهای تجاری بسیار کمی از این فناوری‌ها وجود دارد.

پلی‌پلوئیدها به روش مشابه با استفاده از شوک‌های فیزیکی یا شیمیایی به تخم‌های لقاح یافته نرمال با تخریب در دومین تقسیم میوز، که منجر به تری‌پلوئیدها با دو کروموزوم مادری و یک کروموزوم پدری می‌شود، تنظیم می‌شوند. اختلال در میتوز تتراپلوئیدها را با دیپلوئید مکمل مضاعف کروموزوم تولید می‌کند. تری‌پلوئید در طیف گسترده‌ای از ماهی‌ها و گونه‌های صدف‌دار و برای برخی گونه‌ها به شرط آنکه لقاح مصنوعی در مقیاس بزرگ امکان‌پذیر باشد، در مقیاس تجاری قابل دستیابی است. تتراپلوئیدهای زنده تنها در تعداد کمی از گونه‌ها تجاری مهم غالباً سالمونیدها و صدف‌ها تولید شده‌اند.

کاربرد اصلی دستکاری مجموعه کروموزوم در آبی پروری تری پلوئیدهای القا شده استریل در گذشته بوده است و در بسیاری از گونه‌های ماهی و چندین صدف‌های دوکفه‌ای تولید شده است. ماهی‌های استریل در آبی پروری جاذبه دارند. در مرحله اول آن‌ها ممکن است انرژی نسبتاً بیشتری را برای رشد گناد جسمی استفاده کنند و ثانیاً آن‌ها مهار بیولوژیکی بالقوه را فراهم می‌کنند. مزایای تسهیل پرورش ژنوتیپ‌های عجیب و غریب و احتمالاً در آینده، پرورش ماهی تراریخته افزایش یافته است. با این حال، ماهی تری پلوئید به طور کلی سریع‌تر از هم‌تایان دیپلوئیدی خود رشد نمی‌کنند (۴۱). ممکن است پس از بلوغ هنگامی اتفاق بیفتد که تریپلوئیدها نیز دارای گوشت نسبتاً بیشتری باشند. تمام ماهی‌های تری پلوئید ایجاد شده تا به امروز که کاملاً استریل هستند. نرهای تری پلوئید دارای رشد گناد بیشتری در مقایسه با ماده‌ها هستند و عموماً استریل هستند، اما ماهی‌های استخوانی تری پلوئید نر نمی‌توانند به طور کامل عقیم باشند. در مقابل، بسیاری از مطالعات انجام شده در تری پلوئیدهای دوکفه‌ای نشان داد هرچند کاملاً عقیم نشده‌اند، عملکرد بهتری نسبت به دیپلوئیدهای کنترل شده، نشان می‌دهد.

مهم‌ترین کاربرد تجاری دستکاری‌های مجموعه کروموزومی در صدف‌های دوکفه‌ای است و به طور گسترده پرورش داده می‌شود که به عنوان مثال تقریباً ۵۰ درصد صدف‌های کشت شده در ایالات متحد آمریکا و فرانسه تری پلوئید تولید می‌شود. در سخت‌پوستان تحقیقات دستکاری کروموزوم به دلیل چالش به دست آوردن تخمک برای لقاح مصنوعی قابل تحمل نبوده است. با این حال، دستکاری در برخی از گونه‌ها از جمله گزارش‌های تریپلوئید با موفقیت القا شده در میگو Penaeid امکان‌پذیر است. تری پلوئید همچنین می‌تواند از جفت شدن دیپلوئید و تتراپلوئید تولید شود. در معدود گونه‌هایی که تتراپلوئیدها در آن‌ها تولید شده، نشان داده شده که قابل استفاده است، مهم‌ترین آن‌ها در اویسترها هستند (۴۲) که نشان می‌دهد از لحاظ تجاری مناسب‌تر و قابل اطمینان برای تولید کردن عمده تری پلوئید است.

تولید تری پلوئیدهای عقیم در آبی پروری برای حفاظت از تکثیر مولدین و مهار بیولوژیکی رشد است. برای این برنامه لازم است تا به سرعت و با هزینه کم درصد تری پلوئید و القاء و ارزیابی پتانسیل باروری تری پلوئید تأیید شود. این عوامل در تعیین خطر فرار یا رهایی از محیط پرورش بسیار حیاتی و قابل استفاده از نظر تولیدمثل است. اصلی‌ترین چالش‌های این فناوری‌ها قابل

اعتماد و قابل اطمینان بودن تولید ۱۰۰ درصد ماهی عقیم است؛ در طیف وسیعی از گونه‌های مهم تجاری، به‌ویژه آنهایی که در نتیجهٔ مهار بیولوژیکی و یا برای حفاظت، از ارزش قابل توجهی برخوردار هستند.

۴-۳-۴- کنترل جنسیت

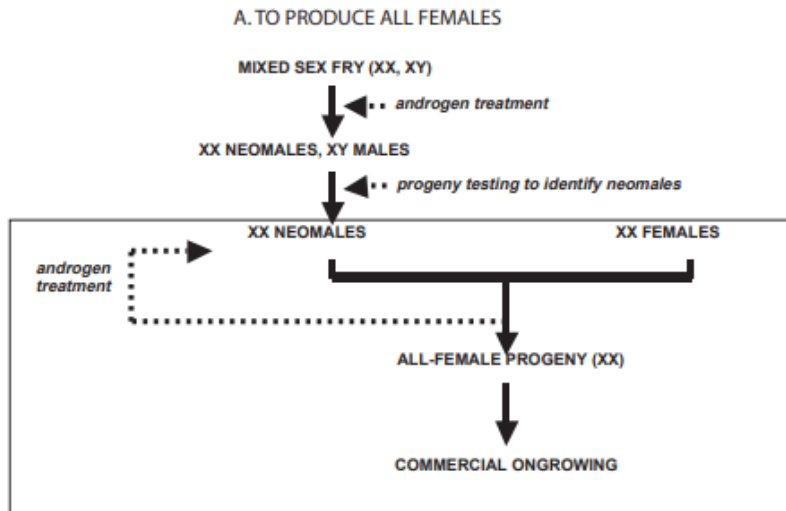
یک انگیزهٔ تجاری قوی برای پرورش و جمعیت تک‌جنس (تک‌جنسی) در گونه‌هایی که Dimorphism جنسی قابل توجهی یا صفات مهم تجاری داشته و جایی که گونه‌ها در محیط‌های پرورش قبل از رسیدن به اندازهٔ برداشت از نظر جنسی بالغ می‌شوند، وجود دارد. یکی از کاربردهای ذخیرهٔ یکپارچه برای مهار بیولوژیکی در جایی است که استفادهٔ ذخیرهٔ عقیم کمتر مؤثر است. ترکیب عوامل مذکور بر روی سودآوری پرورش برخی از گونه‌ها به‌خصوص در تیلاپیا تأثیر زیادی دارد.

جمعیت تک‌جنس یا نزدیک تک‌جنس را می‌توان از طریق راهنمای کاربرد رابطه جنسی، هیبریداسیون، به‌گزینی و استفادهٔ مستقیم و غیرمستقیم هورمون تغییر جنسیت تولید کرد. دستکاری جنسی کار فشرده، ناکارآمد و ترکیبی است و فقط برای ترکیب‌های خاص از گونه‌ها به‌ویژه در تیلاپیا کراس استفاده می‌شود، همچنین اخیراً نشان داده شده است که تمایز جنسی مبنای ژنتیکی دارد و وابسته به دما در تیلاپیا است به‌گونه‌ای که درصد فرای نرها ناشی از استفاده درجهٔ حرارت بالا توسط به‌گزینی قابل افزایش باشد (۴۳). کاربردی‌ترین روش‌ها برای تولید تک‌جنس از طریق تغییر جنسیت مستقیم با استفاده از هورمون‌ها یا به‌طور غیرمستقیم از طریق برنامه‌های ژنتیک انجام می‌شود. تغییر جنسیت مستقیم به‌طور کلی صرف‌نظر از سیستم تعیین جنسیت و با موفقیت در طیف وسیعی از گونه‌ها با غوطه‌ور شدن تخم‌ها و لاروها در محلول‌های هورمونی یا با تغذیه با رژیم‌های غذایی تحت درمان با هورمون به دست آمده است (۴۴). در روش غیرمستقیم با استفاده از برنامهٔ اصلاح نژاد نیاز به درک درستی از برنامه‌های تولیدمثل و مکانیسم‌های ژنتیکی تعیین جنسیت در یک گونه دارد. عامل اصلی این است که این یک سیستم یکنواخت مانند ناهمگونی نر است (XX ماده؛ XY نر) و در آزاد ماهیان و برخی از تیلاپیها و سخت‌پوستان ناهمگونی ماده است. (ماده WZ؛ نر ZZ) شکل ۴.۲ برنامه‌های تولید جایگزین برای تولید تمام نر در گونه‌ها با ناهمگونی ماده و تولید تمام ماده در گونه‌های نر

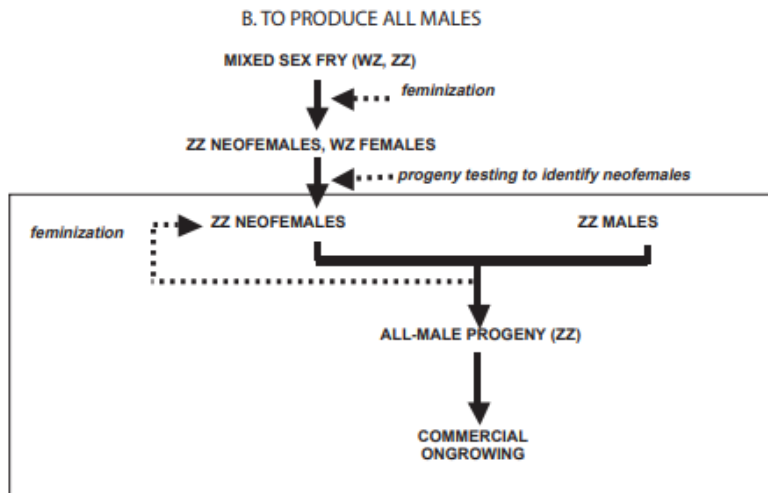
ناهمگون را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۴: تصاویری از برنامه‌های اصلاح نژاد برای تولید ماده‌های تک‌جنسیتی

A: برای گونه‌های دارای هتروگامی نر و نرهای تک‌جنسیتی، B: در گونه‌های دارای هتروگامی ماده. اجزای درون جعبه‌ها مراحل هستند که می‌توانند در چرخه‌ها به‌عنوان بخشی از تولید تجاری به منظور حفظ عرضه مولدین دستکاری شده جنسی تکرار شوند.



مزایای تک‌جنس ماده در آبی‌پروری آزادماهیان مدت‌هاست که وجود دارد و به دسترسی بیشتر به مولدین ماده مربوط می‌شود و جلوگیری از بلوغ زودرس نرهاست که نتیجه آن کاهش رشد، بازماندگی کم و از بین رفتن کیفیت گوشت بعد از بلوغ است. استفاده از فرزندان تمام ماده تولید شده با استفاده از تغییر جنسیت (نر تغییر جنسیت) جهانی نیست اما در بعضی از کشورها تولید تک‌جنس قسمتی از تولید است که قابل توجه است.



تک جنس نر در تعداد زیادی از گونه‌ها از مزایای تجاری قلیل توجهی برخوردار است، مهم‌ترین آن‌ها در تیلاپیا به دلیل مشکلات بلوغ زودرس و تولیدمثل ناخواسته در سیستم تولید به نمایش گذاشته شده است. در این گونه می‌توان نر زایی مستقیم یا غیرمستقیم تولید کرد. تغییر جنسیت به نر با استفاده از آندروژن‌های بیرونی مانند متیل تستوسترون از طریق تجویز رژیم‌های غذایی که در اوایل زندگی استفاده می‌شود، در مراکز تکثیر تیلاپیا در سراسر جهان مرسوم است. برنامه‌هایی برای تولید تمام نرها نسبتاً به راحتی در گونه‌های ماده هتروگامتیک مانند تیلاپیای آبی (*Oreochromis aureus*) و میگو آب شیرین غول پیکر (*Macrobrachium rosenbergii*) انجام می‌شود. در گونه‌های نر هتروگامتیک مثل تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) می‌توان از طریق برنامه ژنتیکی با سوپر نر YY فرزندان ژنتیکی تمام نرها را تولید کرد (۴۵).

برنامه‌های کنترل جنسی فقط در برخی از گونه‌ها که مزایای اقتصادی قلیل توجهی به دلیل پرورش یکپارچه دارند، استفاده می‌شود. القای مستقیم تغییر جنسیت با استفاده از هورمون‌ها احتمالاً با مقاومت مصرف‌کنندگان روبرو می‌شود؛ حتی اگر مطالعات نشان دهند که ماهی تغییر جنسیت یافته با استفاده از هورمون، هورمون اضافی، کمی بعد از قطع آن در بافت از بین می‌رود. استفاده از رویکردهای صحیح زیست‌محیطی و اخلاقی قابل قبول تر خواهد بود (مانند دستکاری تعیین جنسیت محیطی و نه با استفاده از هورمون‌ها). در روش غیرمستقیم احتمالاً رویکردهایی

نظیر برنامه‌های به‌گزینی برای تولید تک‌جنس وجود دارد که با استقبال گسترده‌تر روبرو می‌شوند اما با چالش بزرگی بر اساس درک جامع از مکانیسم‌های ژنتیکی تعیین جنسیت که می‌تواند به تحقیقات پژوهشی قابل توجهی نیاز داشته باشد روبرو هستند.

بر این اساس، کنترل جنسی می‌تواند به‌عنوان نوعی از مهار بیولوژیکی هر گونه معرفی شود و یا در فرار از آبی پروری مورد استفاده قرار گیرد که قادر به تکثیر با یکدیگر نخواهند بود و بنابراین قادر به تشکیل جمعیت‌های پایدار نیستند. ذخیره پرورشی با این فناوری ۱۰۰٪ تک‌جنس تضمین شده است. یک شکل مؤثر از مهار است و فقط در جایی استفاده می‌شود که هیچ گونه سازگار با تولیدمثل در محیط گیرنده نیست.

۵-۳-۴- انتقال ژن

انتقال ژن، یک فناوری مهندسی ژنتیک است که در آن یک توالی ژن جدا شده از یک ارگانیسم به ارگانیسم دیگری وارد می‌شود تا یک صفت جدید یا اصلاح‌شده را اعطا کند. این توالی ژن جدا شده، سازه^{۲۸} نامیده می‌شود و از ژن عملکردی و یک ژن پروموتور تشکیل شده است که به‌عنوان سوئیچ برای فعال کردن ژن ساختاری عمل می‌کند. ارگانیسم‌های حاصل از انتقال ژن موفق به‌عنوان ارگانیسم‌های اصلاح‌شده ژنتیکی یا GMO طبقه‌بندی می‌شوند و بنابراین در معرض نگرانی‌های اجتماعی و نظارتی قرار می‌گیرند. برای تحقیقات اولیه از سازه‌های ژن‌های خارجی از گونه‌های دیگر، از جمله گونه‌های خشکی‌زی استفاده می‌کردند. هنگام برنامه‌ریزی برای تحقیقات تراریخته، آگاهی کامل از خطرات و نگرانی‌های مربوط به اخلاق، سلامتی انسان و آثار زیست‌محیطی ماهی تراریخته، درک قوانین زیست‌محیطی مکانی که در آن تحقیقات انجام خواهد شد و محصولی که از این تحقیق به دست خواهد آمد، بسیار مهم است و باید برای آن‌ها برنامه‌ریزی صورت گیرد.

پاسخ توصیه شده به خطرهای نگرانی‌های مربوط به ماهی تراریخته این است که تمرکز تحقیقات و توسعه این فناوری، تولید اتوترانسژنیک^{۲۹} است. بدین معنی که توالی ژنی معرفی شده از

²⁸ Construct

²⁹ Autotransgenics

همان گونه گرفته شده باشد.

انتقال ژن از اوایل دهه ۱۹۹۰ زمینه اصلی تحقیق در ژنتیک ماهی ها بوده است. تحقیقات در این زمینه به دلیل سهولت نسبی در دستکاری زیست‌شناختی تولیدمثل در گونه‌های آبزی نسبت به سایر دام‌ها پیشرفت بیشتری کرده است.

انتقال ژن باید دربرگیرنده مراحل مختلفی باشد از جمله:

- شناسایی ژن هدف مناسب و توسعه ساختاری؛

- انتقال ژن به تخم‌های تازه بارور شده که معمولاً با میکرو تزریق^{۳۰} یا القا الکترونیکی^{۳۱} انجام می‌شود؛

- الحاق ژن به ژنوم میزبان؛

- تعیین بیان ژن؛

- تعیین وراثت‌پذیری، طبقه‌بندی و کمی‌سازی اثر ژن تراریخته بر صفات هدف و غیر هدف.

مرحله آخر در این روند از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا برای توصیف کامل خصوصیات ماهی تراریخته لازم است تا بتوانید خطرهای احتمالی مرتبط با تکثیر و پرورش آن را ارزیابی کنید. تاکنون، هدف اصلی تحقیقات تراریخته در ماهی، افزایش سرعت صفت رشد در آبزیان از طریق معرفی ساختارهای ژن هورمون رشد بوده است. تحقیقات همچنین صفات دیگری مانند بیماری و کنترل تولیدمثل را مورد هدف قرار داده است. تمرکز تحقیقات تراریخته باید روی صفاتی باشد که از طریق روش‌های ژنتیک کمی و اصلاح نژاد، بهبود آن‌ها دشوار است. ماهی تراریخته همچنین می‌تواند به عنوان مدل‌های مفیدی برای مطالعات تنظیم ژن و بیان ژن در نظر گرفته شود و همچنین پتانسیل خوبی برای عوامل زیستی^{۳۲} برای تولید داروهای ارزشمند محسوب می‌شود.

مراحل توسعه ذکر شده در بالا با موفقیت در تعدادی از گونه‌های ماهی‌های استخوانی انجام شده است و لاین‌های ماهیان تراریخته‌ای تولید شده است که گاهی اوقات باعث افزایش چشمگیر در

³⁰ Micro-injection

³¹ Electroporation

³² Biofactories

عملکرد رشد می‌شوند (۴۶).

بدیهی است که تراریختگی پتانسیل ایجاد تغییرات نسبتاً سریعی در صفات مهم تجاری دارد اما آگاهی از خطر مرتبط با آن برای برنامه‌ریزی و اجرای چنین تحقیقاتی بسیار مهم است (فصل ۷ را ببینید).

اگرچه عملکرد پیشرفته در شرایط کشت برای تعدادی از گونه‌ها به‌وضوح نشان داده شده است، هیچ ماهی غذایی تراریخته‌ای در حال حاضر تحت تولید تجاری نیست. تنها نمونه موجود در بازار در حال حاضر GloFish است که یک نوع ماهی زبرا فلورستنی تراریخته است و برای فروش مجوز دارد و فقط در ایالات متحده آمریکا فروخته می‌شود. در زمان نگارش این مطلب، یک تحقیق مهم در حال انجام است که در آن سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) در حال ارزیابی مجوز برای تجاری‌سازی گونه ماهی سالمون تراریخته برای استفاده در آبی‌پروری است.

این اقدام یک فرایند طولانی است و هرگونه تأیید شرطی توسط FDA احتمالاً محدود به سیستم‌های آبی‌پروری در استخرهای مدار بسته خواهد بود و الگویی را برای بررسی مجوزها برای تجاری‌سازی سایر لاین‌های ماهی تراریخته در ایالات دیگر ارائه می‌کند.

در حالی که چندین دلیل تخصصی مبنی بر عدم تجاری‌سازی ماهی تراریخته وجود دارد، دلیل اصلی، نگرانی در مورد موارد اخلاقی، رفاه حیوانات، ایمنی غذایی انسان و خطرات زیست‌محیطی مرتبط با تکثیر و پرورش ماهی تراریخته است.

سیاست‌گذاران، مدیران منابع طبیعی و افرادی که با GMO در ارتباط هستند، باید در خصوص موضوعات مربوط به ارزیابی ریسک زیست‌محیطی و مدیریت ماهی تراریخته، چه در تحقیقات و چه در تولید تجاری، آموزش داده شوند (۴۷).

با وجود راهکارهایی که اکنون برای بسیاری از محدودیت‌های فنی برای کاربرد موفق فناوری انتقال ژن در ماهی ارائه شده است، اما چالش‌های اصلی در ارزیابی کامل خطرات بهداشتی، محیطی و اخلاقی و سلامت مصرف‌کننده است که هم اکنون تجاری‌سازی این فناوری را محدود می‌کند.

۶-۳-۴- نشانگرهای ژنتیکی و انتخاب بر اساس مارکرها ۳۳

نشانگر ژنتیکی نوعی تغییر در ژن یا توالی DNA است که با استفاده از تکنیک‌های ژنتیک مولکولی قابل شناسایی است و برای شناسایی ژنوتیپ‌ها و در نتیجه شناسایی افراد یا گروه‌های مورد علاقه از آن استفاده می‌شود. قبل از پیشرفت در ژنتیک مولکولی، ایزوآنزیم‌ها و پروتئین‌ها از دیگر نشانگرهای مورد استفاده بودند. امروزه انواع مختلفی از نشانگرهای DNA وجود دارد، مانند: چندشکلی‌های DNA میتوکندری (mtDNA)، پلی مورفیسم طول قطعه محدود (³⁴RFLP) DNA پلی مورفیک تصادفی تقویت شده (RAPD)³⁵، نشانگرهای توالی تکرار (عمدتاً میکروستالات‌ها)، پلی مورفیسم طول قطعه تقویت شده (AFLPs)³⁶ و پلی مورفیسم تک نوکلئوتیدی (SNP)³⁷.

بیشترین نشانگرهای مورد استفاده در ژنتیک آبی پروری میکروستالات‌ها هستند، اگرچه کاربرد AFLP ها و SNP ها در حال افزایش است.

در جدول ۴.۲ خلاصه‌ای از کاربردهای بالقوه برای نشانگرهای ژنتیکی در آبی پروری و نشانگرهای ارجح را برای اولویت‌های مختلف ارائه شده است.

اکنون استفاده از نشانگرهای DNA چند شکلی، از کتابخانه‌های DNA برای اکثر گونه‌های مهم آبی پروری از جمله کپورماهیان، تیلاپیا، میگو، آزادماهیان و گربه‌ماهی گسترش پیدا کرده‌اند. این نشانگرها دارای کاربردهای مهمی هستند که استفاده از آن‌ها در آبی پروری در حال افزایش است (بیشتر در تحقیقات، اما برنامه‌های اجرایی تجاری در حال افزایش است)، به‌طوری‌که هر چه شرکت‌های بیشتری در برنامه‌های ژنتیکی سرمایه‌گذاری کنند، هزینهٔ آنالیز نشانگر ژنتیکی کاهش می‌یابد.

³³ Marker Assisted Selection

³⁴ Restriction fragment length polymorphisms

³⁵ Random Amplified Polymorphic DNA

³⁶ Amplified Fragment length Polymorphisms

³⁷ Single Nucleotide Polymorphisms

متداول ترین کاربرد نشانگرها در برنامه های ژنتیکی در حال حاضر، انتساب والدین^{۳۸} است که می تواند کارایی انتخاب را در برنامه های اصلاح نژاد با استفاده از نشانگرهای ژنتیکی، برای شناسایی ماهیان منتخب خانواده و همین طور انتخاب انفرادی والدین، ارتقا دهد.

لازم است خانواده ها را از هم جدا نگه دارید (یا در طول ارزیابی عملکرد یا حداقل تا زمانی که نشانه گذاری فیزیکی شوند) و مشکلات ناشی از آثار محیطی بر عملکرد خانواده ها باید به حداقل برسد، در این صورت قادر خواهیم بود، تعداد خانواده بیشتری را ارزیابی کنیم که این مسئله منجر به افزایش شدت انتخاب و افزایش پاسخ به انتخاب خواهد شد.

در یک برنامه اصلاح نژاد ایده آل، از نشانگرهای ژنتیکی می توان در موارد زیر استفاده کرد:

- ۱- مشخص کردن پتانسیل ذخایر اولیه برای اطلاع از واریانس ژنتیکی جمعیت پایه؛
- ۲- برای شناسایی وضعیت ساختار جمعیت طبیعی به منظور تشکیل ذخایر پایه و ارزیابی ریسک ناشی از کشت ذخایر تغییر یافته ژنتیکی؛
- ۳- به منظور افزایش کارایی انتخاب در برنامه اصلاح نژاد از طریق انتساب والدین؛
- ۴- برای توصیف طولانی مدت تأثیر اهلی کردن و مدیریت ژنتیکی (یا مدیریت اشتباه) ذخایر نگهداری شده (به عنوان مثال برای تعیین از دست دادن واریانس ژنتیکی در مواقعی که اندازه جمعیت مؤثر کمتر از میزان بهینه است).

از نشانگرهای ژنتیکی نیز می توان برای ساخت نقشه های ژنتیکی استفاده کرد که در آن نشانگرهای پیوندی (لینکاژ^{۳۹}) به گروه های پیوند و در نهایت به کروموزوم های فردی اختصاص می یابد. نشانگرهای ژنتیکی از نزدیک با ژن هایی که به صفات کمی کمک می کنند لینک شده و به عنوان جایگاه صفت کمی (QTL^{40}) شناخته می شوند. برنامه های نقشه برداری ژن در حال حاضر در حال انجام برای چندین گونه مهم آیزی پروری از جمله صدف اقیانوس آرام، آزادماهیان، گربه ماهی کانال، تیلاپپای نیل و سی باس اروپایی است (۴۸). نقشه لینکاژ توسعه یافته برای

³⁸ Parentage assignment

³⁹ Linkage

⁴⁰ Quantitative Trait loci

شناسایی QTL های مورد علاقه قابل بررسی است.

اثر QTL با همبستگی وراثت آلل‌های نشانگر با عملکرد فردی برای صفت مورد هدف قابل اندازه‌گیری است. تعدادی QTL برای صفات مهم در ماهی‌ها مانند تحمل دمایی، رشد و مقاومت در برابر بیماری شناسایی شده است (به‌عنوان مثال تحمل سرما در تیلاپیا) (۴۹).

انتخاب به کمک نشانگر (MAS) ترکیبی از نشانگرهای ژنتیکی است که به QTL ها در برنامه‌های بهبود ژنتیکی مرتبط هستند و پتانسیل ارتقای انتخاب را دارند، خصوصاً برای صفاتی که ممکن است دارای وراثت‌پذیری کم باشند یا امکان سنجش مستقیم آن‌ها روی افراد در اصلاح نژاد نباشد. با وجودی که تحقیقاتی در زمینه توسعه و ارزیابی QTL وجود دارد، هنوز هیچ ذخیره تجاری با استفاده از روش MAS وجود ندارد.

در اکثر موارد در مزایای بالقوه نشانگرهای ژنتیکی، بحثی نیست، اگرچه پتانسیل واقعی برای کاربرد MAS در برنامه‌های اصلاح نژاد و تولید و منافع اقتصادی است و این نتایج مورد تأیید خواهد ماند و این در حال حاضر یک چالش بزرگ تحقیقاتی است.

جدول ۴-۲- توضیحات کاربردهای اجرایی فناوریهای نشانگرهای ژنتیکی در آبی پروری

روش	توضیحات	کاربردها	یادآوریها
شناسایی سویه / ذخایر	مجموعه‌ای از نشانگرهای ژنتیکی مناسب که می‌توانند برای شناسایی نشانگرهای تشخیص گونه‌ها یا ذخایر استفاده شوند. نشانگرهای ترجیحی: میکروستلایت‌ها، Isozymes, RAPD, AFLP, SNP	- تفاوت‌گذاری در ذخایر مختلف پرورشی شامل محافظت از مولدین حاصل از ذخایر بهبودیافته ژنتیکی - شناسایی نفوذ هیبریدی عمدی یا غیرعمدی - شناسایی یا تأیید فرار آبی از مکان آبی پروری - شناسایی نرخ بازگشت شیلاتی در بازسازی ذخایر شیلاتی	تشخیص مارکری (انواع مختلف نشانگر) برای گونه‌های تجاری مهم و قابل دسترس به‌خوبی توسعه پیدا کرده‌اند. به‌طور کلی نشانگرها برای ذخایر یا سویه‌های مختلف نیاز به توسعه دارد. چنین نشانگرهایی ممکن است اهمیت فزاینده‌ای برای ردیابی ذخایر آبی پروری پیدا کند.
کمی‌سازی یا تعیین مشخصات واریانس ژنتیکی	نشانگرهای ژنتیکی برای کمی‌سازی یا تعیین مشخصات واریانس ژنتیکی تعدادی از آلل‌های در جایگاه، نسبت آلل‌های چند شکلی و هتروزیگوسیتی متوسط قابل استفاده است. نشانگرهای ترجیحی: AFLP و میکروستلایت‌ها	- تعیین شباهت (likelihood) و شدت همخوانی - محاسبه اندازه جمعیت مؤثر (N_e) فعلی و پیشینه - مقایسه شایستگی کاندیداهای ذخایر بنیان‌گذار جمعیت پایه برای اصلاح نژاد - تأیید هموزیگوسیتی در هاپلوئیدهای دوتایی	- در برنامه‌های ژنتیکی داشتن یک مجموعه نشانگرهای ژنتیکی استاندارد برای تعیین سطح تنوع اولیه (همراه با ابزارهای دیگر) در ذخایر پایه، مفید است؛ به‌طوری‌که اثرات طولانی‌مدت اهلی‌سازی و مدیریت ژنتیکی قابل اندازه‌گیری باشد.

تعیین روابط خویشاوندی ژنتیکی در بین ذخایر	از نشانگرها می‌توان برای تعیین روابط خویشاوندی ذخایر ژنتیکی متعدد استفاده کرد، مانند رسم درخت فیلوژنتیک نشانگرهای ترجیحی: mtDNA، میکروساتلایت‌ها، AFLP ها	-شناسایی منشأ (به‌عنوان مثال منبع جمعیت) ذخایر کشت شده -تعیین ساختار ژنتیکی جمعیت‌های وحشی	این موضوع برای شناخت ساختار ژنتیکی جمعیت‌های وحشی ماهی به منظور ارزیابی خطرات آلودگی ژنتیکی ارزی‌پروری ناشی از تغییر ژنتیکی ذخایر و اطلاع‌رسانی برای توسعه سیاست‌های مربوط به جابجایی بسیار مفید است. همچنین اطلاعات لازم را زمانی که جمعیت پایه از لحاظ ژنتیکی تغییرپذیر هستند در دسترس قرار می‌دهد.
انتساب والدین (تعیین شجره)	استفاده از یک سری نشانگرهای ژنتیکی برای تعیین احتمال اینکه یک فرزند از آمیزش کدام والدین حاصل شده است. نشانگرهای ترجیحی ماکروساتلایت و SNP	-تعیین تعداد مولدین -انتقال به مرکز تکثیر و محاسبه اندازه جمعیت مؤثر (N_e) -تعیین خانواده و انساب در برنامه اصلاح نژاد، برای مولدین آینده به منظور کاهش همخوانی	هزینه استفاده از نشانگرها در سیستم‌های تعیین انساب والدینی در حال کاهش است (مخصوصاً برای SNP) و آن‌ها به‌طور فزاینده‌ای برای شناسایی خانواده‌ها در برنامه‌های اصلاح نژاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک مشکل وجود دارد: چطور ماهی‌ای را که برای تعیین انساب ژنوتایپ شده است، شناسایی کنیم؟
انتخاب بر اساس	انتخاب یک نشانگر خاص شناخته شده، که	_در حال حاضر هیچ کاربرد تجاری در	روش MAS برای بهبود ژنتیکی تعداد کمی از

صفات در برنامه‌های اصلاح نژاد دام استفاده می‌شود، اما هنوز به شکل اثبات‌شده‌ای در آبی پروری توسعه پیدا نکرده است.	آبی پروری ندارد —تعداد کمی از گونه‌ها نقشه‌برداری ژنتیکی شده‌اند. —ظرفیت برای توسعه این موضوع برای صفاتی که بهبود آن‌ها با رویکرد سنتی مشکل است، وجود دارد.	نشانگر (MAS) با یک صفت تجاری مهم مرتبط می‌باشند (به‌عنوان جایگاه صفت کمی یا QTL شناخته می‌شود) به سایر صفات‌ها به‌تنهایی ارجح است. لازم است نقشه‌های ژنتیکی ساخته شوند. نشانگرهای ترجیحی: SNP، میکروستلایت‌ها و سایر
--	--	---

۴-۴- وضعیت فعلی بهبود ژنتیکی و سناریوهای آینده

تخمین نسبت تولید جهانی آبی پرووری ناشی از ذخایری که اخیراً اهلی شده‌اند، دشوار است اما بهترین تخمین‌ها نشان می‌دهد تقریباً ۳۵٪ تولید آبی پرووری از ذخایری است که اهلی نشده‌اند، اساساً ذخایر وحشی با محیط اسارت (پرورشی) سازگار نیست. در مقایسه با سایر اشکال تولید کشاورزی، تقریباً تمامی تولیدات، منحصرأ از ژرم پلاسما اهلی و بهبودیافته ژنتیکی است.

از مزایای اهلی شدن، سازگاری با محیط اسارت است، به طوری که توصیه می‌شود هر صنعت آبی پرووری پایدار برای برنامه‌های طولانی مدت باید برنامه‌های اهلی سازی را آغاز کند، به طوری که در آن تنوع ژنتیکی ذخایر به طور مؤثر مدیریت می‌شود.

نسبت تولید جهانی آبی پرووری که مبتنی بر ذخایر بهبودیافته ژنتیکی است (اکثراً به صورت برنامه اصلاح نژاد انتخابی تولید می‌شود اما همچنین شامل ذخایر تک جنسی و تری پلوید است) بین ۱۰ تا ۲۰ درصد تخمین زده می‌شود، بنابراین واضح است که زمینه برای افزایش بسیار چشمگیر در تولید و بهره‌وری تولید از طریق اجرای گسترده برنامه‌های بهبود ژنتیکی مؤثر با تمرکز بر اصلاح نژاد، وجود دارد.

از جمله چالش‌های پیش روی توسعه آینده ژنتیک پرورش آبزیان، کمبود نسبی منابع برای حمایت از توسعه برنامه‌های اصلاح نژاد است. محدودیت منابع شامل منابع فیزیکی، اقتصادی و انسانی است. برنامه‌های اصلاح نژادی خوب که باعث ایجاد دستاوردهای بهبود ژنتیکی قوی می‌شوند، از امکاناتی برای پرورش چندین خانواده ماهی استفاده می‌کنند. با توجه به ماهیت طولانی مدت آن‌ها به بودجه مداوم نیاز دارند؛ زیرا اغلب سال‌ها طول می‌کشد تا بازگشت سرمایه گذاری در برنامه‌های ژنتیکی به طور کامل از طریق افزایش درآمد حاصل از تولید بذر یا از طریق بهبود کارایی تولید محقق شود (فصل ۶). در منابع انسانی خصوصاً در زمینه ژنتیک کمی محدودیت بیشتری وجود دارد که به طور کلی نیاز به آموزش تخصصی تا سطح نسبتاً بالایی دارد.

به نظر می‌رسد تردیدی وجود ندارد که تقاضای مداوم برای تولید محصولات آبی پرووری با کارایی‌های تولید بالاتر در حال افزایش است و تولید ذخایر بهبود ژنتیک یافته، جزء اصلی این تلاش‌هاست. برنامه‌های بهبود ژنتیکی قرار است طی دهه‌های آینده، با برنامه‌های انتخابی در

هسته اصلاح نژاد، ذخایر آبی پروری را تغییر دهد. اما سایر فناوری‌ها در مواردی که منافع مشخصی دارند، به این تلاش‌ها ارزش می‌بخشند. جایی که کشورها در حال گسترش و یا سرمایه‌گذاری در آبی پروری هستند، آگاهی تولیدکنندگان از اصول اساسی مدیریت ژنتیک، مقرون به صرفه‌ترین رویکردهای بهبود ژنتیکی، خطرات زیست‌محیطی و اکولوژیکی مرتبط با ذخایر بهبود ژنتیکی یافته توسط تولیدکنندگان، مهم است. در کنار این عوامل تکنولوژیکی، تأمین منابع کافی برای حمایت از اجرای استراتژی‌های بهبود ژنتیکی طولانی‌مدت نیز حیاتی است.

۵- توزیع سویه‌های بهبود ژنتیکی یافته و قراردادهای انتقال مواد ژنتیکی^(۵۰)

۱-۵- مقدمه

این بخش هم شامل (الف) انتقال سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی از کشوری به کشور دیگر و (ب) تکثیر و انتشار ژرم پلاسما در کشورها می‌شود. این دو بخش اگرچه به هم مرتبط هستند، اما موضوعات خاصی نیز برای هر یک وجود دارد. بنابراین به‌طور جداگانه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

ماده ۹.۱.۲ دستورالعمل^{۴۱} شیلات مسئولانه بیان می‌کند که «کشورها باید توسعه مسئولانه و مدیریت آبی‌پروری، از جمله ارزیابی پیشرفته آثار آبی‌پروری بر تنوع ژنتیکی و یکپارچگی اکوسیستم، بر اساس بهترین اطلاعات علمی موجود را توسعه دهند.» همچنین در ماده ۹.۳ آمده است: «کشورها باید تنوع ژنتیکی و یکپارچگی جوامع آبیان را حفظ کنند. همچنین باید در تهیه، تصویب و اجرای کدهای عملی و روش‌های بین‌المللی برای معرفی و انتقال همکاری کنند و خطرات انتقال بیماری و سایر آثار سوء بر ذخایر وحشی و پرورشی را به حداقل برسانند.»

دستورالعمل‌های فنی برای اجرای ماده ۹ این قانون (توسعه آبی‌پروری) در سال ۱۹۹۷ تدوین شد (۵۱) و از آن زمان طیف وسیعی از ابزارها و امکانات در جهت توسعه مسئولانه و پایدار آبی‌پروری شرح داده شده است. از این دستورالعمل‌ها همچنین برای سازگاری با کنوانسیون تنوع بیولوژیکی (۵۲) (همچنین به بخش ۲ مراجعه کنید) و سایر مشاوره‌های قانونی و حقوقی که برای اطمینان از استفاده صحیح از منابع ژنتیکی وحشی و بهبودیافته طراحی شده است، استفاده می‌شود (۵۳).

بخش‌های زیر، راهنمای کلی در مورد انتشار سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی در داخل و خارج کشورها با اشاره خاص به سویه‌های ماهی بهبود ژنتیک یافته از طریق اصلاح نژاد سنتی و از طریق انتخاب، در مقابل موجودات زنده تراریخته (۵۴) (LMO) یا هیبریدهای تراریخته که بهتر است به‌عنوان معرفی گونه‌های بیگانه در نظر گرفته شوند.

⁴¹ Code of Conduct

این دستورالعمل‌ها باید به‌عنوان یک نقطه شروع برای توسعه دستورالعمل‌های شرایط خاص‌تر عمل کنند. اطلاعات ارائه شده ماهیت تخصصی دارند که محور این دستورالعمل‌هاست. برخی از جنبه‌های سیاسی و قانونی، مانند دسترسی و تقسیم منافع یا مالکیت معنوی را که دسترسی و منابع استفاده از منابع ژنتیکی ماهی را نیز تنظیم می‌کند، پوشش نمی‌دهد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، این فصل به مبادله منابع ژنتیکی وحشی که ممکن است برای اهداف تحقیق، اصلاح‌نژاد و آموزش آبی‌پروری در اختیار کشورهای دیگر قرار گیرد، نمی‌پردازد. سازوکارهای تبادل منابع ژنتیکی برای مواد غذایی و کشاورزی در بخش‌های دیگر، مانند محصولات زراعی، در مقایسه با منابع ژنتیکی ماهی برای آبی‌پروری در سطح بین‌المللی بیشتر مورد توجه بوده است.

این مکانیسم‌ها به‌طور معمول حقوق و هزینه‌های ارائه‌دهنده و گیرنده را با توجه به مواد منتقل شده شرح می‌دهند. با توسعه برنامه‌های اصلاح‌نژاد در سراسر جهان، در سال‌های آینده مبادله منابع ژنتیکی ماهی می‌تواند روند مشابهی را نیز در آبی‌پروری انتظار داشته باشد.

۲-۵- انتقال یک‌سویه بهبود یافته به کشور دیگر

۱-۲-۵- مقدمه

این آیین‌نامه استفاده از قانون عملی در مورد معرفی و انتقال ارگانسیم‌های دریایی سال ۲۰۰۴ را که توسط شورای بین‌المللی اکتشاف دریا (ICES) تهیه شده و راهنماهای فنی در مورد استفاده مسئولانه و کنترل هدفمند انتقال گونه‌های بیگانه را از کشوری به کشور دیگر ترویج می‌دهد و به استفاده از آن تشویق می‌کند تا این انتقال‌ها را به‌گونه‌ای انجام دهند که خطرات موجود را در خصوص تنوع بیولوژیکی و ژنتیکی آبزیان بومیان آن کشور به حداقل برساند.

موارد متعددی از رقابت، شکار، انتقال بیماری و آسیب زیستگاه ناشی از معرفی گونه‌های بیگانه ثبت شده است که باید با احتیاط کامل اصلاح شود (۵۵).

در مورد لاین‌های اصلا نژاد شده آبزیان، شواهدی از ماهی‌های سالمون وجود دارد که نشان می‌دهد جریان ژن اصلاح‌شده در ماهی‌هایی که برای بازسازی ذخایر تکثیر می‌شوند یا در

آبزی پروری استفاده می‌شود، می‌توانند هنگامی که در طبیعت آزاد می‌شوند و با ژنوم وحشی تلاقی پیدا می‌کنند، کل تعادل زندگی را برای جمعیت بومی همان گونه یا گونه‌هایی که مشابه یا نزدیک به هم هستند از طریق نفوذ ژنتیکی (یا ورود آلل‌ها به جمعیت وحشی از سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی) کاهش می‌دهد (۵۶).

۲-۲-۵- دستورالعمل انتقال

در هنگام انتقال ژرم پلاسما آبزیان بهبودیافته ژنتیکی که از نظر زیست‌شناختی واحد جغرافیایی، بیشتر از مرزهای سیاسی محلی، منطقه‌ای یا بین‌المللی، مهم‌تر هستند، حوزه آبریز است (۵۷).

همچنین آژانس‌های دولتی می‌بایست ضوابطی برای نقل‌وانتقال ژرم پلاسما بهبودیافته ژنتیکی در داخل و یا خارج از کشور خود در نظر بگیرند، انتقال ماهی در یک حوضه آبریز از آن‌سوی مرزها ممکن است مسائلی کمتر از انتقال از یک حوزه به حوزه دیگر در همان حوزه قضایی سیاسی یا کشور داشته باشد.

در صورت عدم وجود یک مرجع ملی اختصاصی در انتقال ژرم پلاسما این گونه از آبزیان لازم است درخواست‌های مربوط به معرفی انتقال لاین‌های ژرم پلاسما بهبودیافته ژنتیکی به تأیید بالاترین مقام شیلاتی کشور واردکننده (مثلاً مدیران شیلات، محیط‌زیست و کشاورزی) برسد و بر اساس ارزیابی تأثیرات محیط زیستی (EAI)^{۴۲} آنالیز هزینه و سود، صورت گیرد. دستورالعمل‌های EIA و تجزیه و تحلیل جنبه‌های منفی بالقوه مرتبط با هرگونه واردات باید در نظر گرفته شود:

- وجود تنوع ژنتیکی احتمالی بالقوه ارزشمند در حوزه آبریز خاصی که قرار است مواد ژنتیکی جدید به آن وارد شود؛
- وجود تنوع زیستی گونه‌های آبزی نادر و یا در معرض خطر که ممکن است ورود موارد جدید بر روی آن‌ها اثر منفی بگذارد؛
- وجود گونه‌های بومی محلی مناسب یا استراتژی‌های بهبود ژنتیکی ماهیان پرورشی موجود به منظور استفاده در معرفی گونه‌های جایگزین.

کد ICES چهارچوبی را برای معرفی موجودات آبی پیشنهاد می‌کند که هم گونه‌های بیگانه و هم لاین‌های اصلاح نژاد شده را در برمی‌گیرد. این کد به لحاظ مفهومی بسیار ساده است و الزاماتی را در بر می‌گیرد که هر فرد یا مؤسسه و یا برنامه‌ریز تجاری مصرف‌کننده ژرم پلاسما غیربومی باید رعایت کند. الزامات با تهیه پروپوزال شروع می‌شود که یک نهاد مستقل باید آن را بررسی کند. نتایج بررسی برای تأیید، بازبینی یا رد مجدداً به کاربران اعلام می‌شود. اگر پیشنهاد معرفی گونه جدیدی تصویب شود بنابراین این کد برای مدیریت، نظارت و گزارش سلامت ماهی مورد نیاز است.

۳-۲-۵- موافقت‌نامه انتقال مواد ژنتیکی (MATs) ۴۳

در صورت تأیید درخواست معرفی، انتقال باید مطابق با قوانین بین‌المللی و ملی مربوطه مانند قوانینی باشد که مرتبط با دسترسی و تقسیم منافع، حقوق مالکیت یا امنیت زیستی است. شرایط دستیابی و استفاده از چنین مواد ژنتیکی معمولاً از طریق توافق‌نامه انتقال مواد تعیین می‌شود. توافق‌نامه انتقال مواد ژنتیکی باید به تأیید نهاد توانمند ملی کشور واردکننده برسد و به پایگاه داده معرفی گونه‌های آبیان^{۴۴} (DIAS) فائو ارسال گردد (۵۸).

موافقت‌نامه‌های انتقال مواد می‌توانند موافقت‌نامه‌های قانونی لازم‌الاجرا باشند که به‌طور کلی برای مستندسازی و توصیف شرایط انتقال مواد بیولوژیکی ملموس، از جمله مواد استفاده شده در تحقیقات و ماهی‌های اصلاح‌شده ژنتیکی، از یک نهاد به نهاد دیگر منعقد می‌شوند. نمونه‌ای از MTA در پیوست ۵-۱ نشان داده شده است.

۴-۲-۵- پروتکل‌های انتقال

پروتکل‌های زیر بر اساس آیین‌نامه‌های بین‌المللی عملیاتی است که ممکن است شامل یک یا چند پروتکل موجود در کشورهای مختلف باشد و به‌عنوان دستورالعمل‌های کلی ارائه می‌شوند. ممکن است به‌عنوان الحاقی به الزامات ملی تلقی شود، یا ممکن است مبنایی برای اجزای مقررات ملی باشد.

⁴³ Material Transfer Agreements

⁴⁴ Database on Introductions of Aquatic Species

۱-۴-۲-۵- صادر کردن (انتقال) کشور یا سازمان

ضمیمه توافق نامه انتقال مواد ژنتیکی باید اطلاعات فنی خاصی در مورد ژرم پلاسما درخواستی را داشته باشد، به ویژه:

- نام علمی و محلی ذخایر ژنتیکی انتقال یافته.
- ویژگی های برجسته ذخایر منتقل شده که آن را برای واردات مطلوب می کند.
- اعلام موارد استفاده و محل دقیق استفاده از آن ذخایر ژنتیکی.
- تعداد و نوع خانواده ها (به عنوان مثال خانواده خویشاوند تنی^{۴۵} و ناتنی^{۴۶}) که برای انتقال معرفی شده اند.
- سن یا مرحله هستی شناختی^{۴۷} (نظیر تخم، لارو، پست لارو، لارو با شنای فعال، انگشت قد) موجودات منتقل شده.
- سابقه مواجهه با بیماری یا عوامل بیماری زا در ذخیره ژنتیکی.
- جنسیت ژنوتیپ و فنوتیپ ذخیره ژنتیکی منتقل شده (مانند نر طبیعی، ماده طبیعی، دوجنسی نرمال، دوجنسی ژنتیکی، اما از لحاظ فنوتیپ تمام نر با استفاده از هورمون تراپی).
- مواد ژنتیکی منتقل شده باید دارای مجوز دامپزشکی فاقد هرگونه عامل بیماری زای انگلی، پاتوبقه بندی و سایر عوامل زیستی همراه باشند که یک مرجع ذی صلاح آن را صادر کرده باشد. آب مورد نیاز این جابه جایی می بایست تمیز و عاری از هرگونه عوامل پاتوژن و ذرات ریز معلق در آن بوده و در صورت امکان ذخیره ژنتیکی قبل از انجام فرایند جابه جایی ضد عفونی شود.
- بیشتر این اطلاعات باید در اصل پیشنهاد واردات گونه به کشور ارائه شده باشد. برای اطمینان از انطباق با شرایط توافق نامه، می توان آن را با استفاده از موافقت نامه انتقال مواد ژنتیکی (MTA^{۴۸}) تهیه کرد.

⁴⁵ Full sib

⁴⁶ Half sib

⁴⁷ Ontological state

⁴⁸ Material Transfer Agreements

۲-۴-۲-۵- واردات (دریافت) یک کشور یا سازمان

نگرانی عمده کشورهای واردکننده سلامت ماهی و جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زای فرامرزی است. بخش‌های مربوط به رهنمودهای فنی در این زمینه یک استراتژی ملی بهداشت آبزیان را می‌طلبد و که به طور خلاصه در اینجا بیان شده است (۵۹).

یک استراتژی ملی بهداشت آبزیان به شکل رسمی برای دستیابی به وضعیت مطلوب بهداشتی آبزیان «نقشه راه» بر اساس نیازها و اولویت‌های ملی در اختیار کشورها قرار می‌دهد.

مؤلفه‌های یک استراتژی ملی عبارتند از: عوامل بیماری‌زایی که باید در نظر گرفته شوند، تشخیص بیماری، صدور گواهینامه بهداشت و اقدامات قرنطینه‌ای، منطقه‌بندی بیماری، نظارت و گزارش بیماری، برنامه‌ریزی احتمالی، تجزیه و تحلیل ریسک واردات، چهارچوب سیاست‌ها و ظرفیت‌سازی منطقه‌ای.

مطابق با سازمان تجارت جهانی (WTO⁴⁹) و توافق در مورد اعمال اقدامات بهداشتی (توافق‌نامه SPS⁵⁰), همه کشورهای باید اقدامات بهداشتی و بهداشتی لازم برای حفاظت از زندگی انسان، حیوانات و گیاهان را به کار گیرند. در تعیین سطح مناسب حفاظت (ALOP⁵¹), عوامل اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی مربوطه باید در نظر گرفته شوند.

تا حد ممکن، به جای ماهیان مولد بزرگتر، ذخایر باید به صورت تخم یا سایر مراحل اولیه زندگی وارد شوند. هرچه ماهی سن بالاتری داشته باشد، احتمال تماس آن با یک عامل بیماری‌زا بیشتر است. همچنین، ماهی در مراحل اولیه زندگی در مقایسه با مولدین، تحت عفونت‌های بالینی کمتری قرار دارد و نگهداری آن‌ها در قرنطینه راحت‌تر است و تخم‌ها نمی‌توانند عوامل بیماری‌زای خاص، به‌عنوان مثال انگل آبششی را منتقل کنند.

قبل از واردات، پرسنل واجد شرایط در کشور واردکننده، باید با سازمان جهانی بهداشت حیوانات (OIE)⁵² که واحد تنظیم‌کننده استاندارد در سازمان تجارت جهانی برای عوامل بیماری‌زای

⁴⁹ World Trade Organization

⁵⁰ Sanitary and Phytosanitary Measures

⁵¹ Appropriate level of Protection

⁵² World Organization for Animal Health(OIE)

ماهی و خدمات بهداشتی و درمانی جهت مدیریت بهداشت و سلامت آبزیان است، به منظور حفظ سلامت ماهی وارد شده در منطقه مورد نظر و نگرانی‌های احتمالی در مورد بروز بیماری، مشورت نمایند (۶۰). باید تلاش شود ماهی از مراکز تکثیر معتبری تهیه شود که مدیریت بهداشت ماهی را به‌خوبی انجام می‌دهند و کیفیت گواهینامه دامپزشکی کشور صادر کننده را تضمین می‌کنند. به‌محض ورود، محموله‌ها باید برای احتمال وجود عوامل بیماری‌زا (مانند آن دسته که به‌طور رسمی OIE آن را ذکر کرده است) و انگل و سایر مواد بیولوژیکی تأیید نشده، مانند گونه‌های غیر مجاز^{۵۳} که واردات برای آن‌ها درخواست نشده است، آزمایش شوند. در صورت شناسایی بیماری‌ها، محموله باید از بین برود و به روش مناسب دفع شود، مگر اینکه درمان مؤثری برای آن تضمین شود.

در قرنطینه باید گروه‌های آبزیان را جداگانه و بدون ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با سایر آبزیان نگهداری کرد، تا برای مدت زمان مشخصی تحت نظارت قرار گیرد و در صورت لزوم آزمایش و تصفیه آب‌های پساب صورت گیرد (۶۱).

سطح قرنطینه باید با خطر شیوع بیماری ارتباط داشته باشد. واردات بار اول گونه‌های بیگانه یا گونه‌های جمع‌آوری شده از منابع وحشی یا منابع بهداشتی ناشناخته، ممکن است به سطوح قرنطینه سخت‌گیرانه‌تری نیاز داشته باشد.

درک این مسئله ضروری است که انجام بازرسی فیزیکی و قرنطینه در جلوگیری از انتقال عوامل بیماری‌زا تنها در مدت محدود اثرگذار است و اگر نمونه وارداتی از گزند هر نوع ویروس یا باکتری در امان باشد و یا فقط علائم تحت بالینی^{۵۴} آن را نشان دهد (سالم به نظر آید) از طریق آزمایش‌های سنجش ایمنی قابل تشخیص است، اما با نگهداشتن در قرنطینه از بین نمی‌رود. آزمایش و مشاهده در قرنطینه ممکن است شامل آزمایش‌های همزیست^{۵۵} با گونه‌های محلی یا قرار دادن حیوانات قرنطینه‌ای تحت تراکم بیشتر باشد تا ببینند آیا مشکلات موجود منجر به بروز بیماری می‌شود.

⁵³ Hitchhiking Species

⁵⁴ Sub-clinical symptoms

⁵⁵ co-habitation

با وجود این، قرنطینه به مسئولان این فرصت را می‌دهد که ذخیره ژنتیکی را برای مدتی مورد بررسی قرار دهند؛ چرا که ممکن است در این بازه نمونه‌هایی از بیماری و مشکلات مربوط به آن مشاهده گردد. قرنطینه در یک مرکز مناسب باید برای مدت حداقل ۲۸ روز با احتمال بروز بیماری‌های خاص در نظر گرفته شود. به محض ورود ذخیره ژنتیکی به مرکز قرنطینه می‌بایست یک حمام ضد عفونی و پیشگیری کننده و در صورت امکان مصرف خوراکی یک دوره آنتی‌بیوتیک که دارای اثرگذاری بر طیف گسترده‌ای از بیماری‌هاست همراه با ضد عفونی محیط (آب، مواد بسته‌بندی و ظروف مورد نیاز حمل و نقل) به منظور استریل کردن محیط و از بین بردن عوامل بیماری‌زا صورت گیرد.

سایت‌های قرنطینه باید در برابر فرار و تخلیه آب ایمن باشند. آب سایت قرنطینه باید کاملاً ضد عفونی شده و ایمن دفع شود. اگر واحد قرنطینه دچار شیوع بیماری شود، درمان بیماری گاهی امکان‌پذیر است. با این حال شیمی‌درمانی می‌تواند مشکلات دیگری مانند مقاومت به آنتی‌بیوتیک ایجاد کند و باید تحت نظر متخصص استفاده شود. هنگامی که شیوع قابل کنترل نیست، ذخایر بیمار باید از بین بروند و پس از عقیم‌سازی به روش تأیید شده، دفع شوند. کیفیت آب در واحد قرنطینه باید در فواصل منظم و بررسی‌های دوره‌ای از نظر انگلی و بیماری‌های احتمالی بررسی شود. فهرستی از انگل‌ها، بیماری‌ها و عوامل بیماری‌زا شناخته شده باید نگهداری شود و به صادرکننده توصیه‌های لازم در صورت بروز غیرمنتظره بیماری‌های انگلی یا سایر عوامل بیماری‌زا، داده شود.

واردات نباید به محیط‌های طبیعی منتقل شوند. بر اساس کد ICES توصیه می‌شود که فقط نسل اول (F1) حاصل از والدین اصلی گونه‌های وارداتی پس از قرنطینه توزیع شوند. مناطق بهره‌برداری و حفاظت از آبی‌پروری (فصل ۹) برای مدیریت بهداشت ماهی نیز کاربرد دارد. کشورها ممکن است مناطقی را ایجاد کنند که از وجود برخی عوامل بیماری‌زا شناخته شده، عاری باشد که این مناطق باید بر اساس معیارهای اکولوژیکی انتخاب شود تا مرزهای سیاسی. جابجایی حیوانات بین مناطقی که همان عوامل بیماری‌زا وجود دارد یا از یک منطقه عاری از بیماری، مشکلی نخواهد داشت. حیوانات ممکن است از یک منطقه دارای عوامل بیماری‌زا که در منطقه دریافت‌کننده وجود ندارد، منتقل شوند.

۳-۵- انتشار یک سویه^{۵۶} بهبودیافته ژنتیکی در داخل یک کشور

به عنوان بخشی از استراتژی منطقی توسعه آبی پروری

با توجه به اینکه ذخایر وارداتی اصلی نباید به محیط‌های طبیعی منتقل شود، قبل از توزیع، بایستی فرایند تکثیر تخم سویه‌های اصلاح نژاد شده صورت گیرد. سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی باید از طریق سیستم هجری‌ها و مراکز اصلاح نژاد^{۵۷} معتبر توزیع شوند (۶۲).

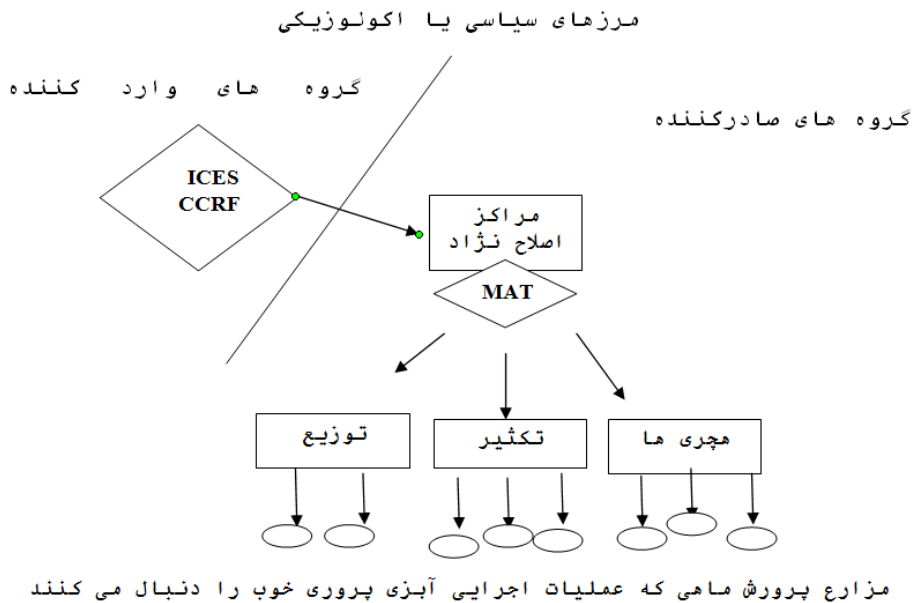
اعتبارسنجی هجری‌هایی که به عنوان تکثیر ذخایر بهبودیافته ژنتیکی یافته از هسته‌های اصلاح نژاد فعالیت می‌کنند، باید بر عهده یک تیم ارزیابی مرکز اصلاح نژاد منطقه باشد. هجری‌های معتبر باید الزامات فنی تعیین شده توسط تیم ارزیابی را داشته باشند و با مرکز اصلاح نژاد در مورد روش‌های استاندارد مدیریت عملکرد و انتشار ذخایر توافق کنند.

الماس مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌ها را که می‌بایست قبل از انتشار نمونه‌های اصلاح نژاد شده رعایت شود، ارائه می‌دهد. بر اساس آن هیچ‌گونه جابه‌جایی ژرم پلاسما نباید انجام شود مگر آنکه در فلش‌ها ذکر شده باشد.

MTA؛ توافق‌نامه انتقال مواد ژنتیکی؛ ICES و CCRF به ترتیب به توصیه‌ها و دستورالعمل‌های شورای بین‌المللی اکتشاف قانون اجرایی دریا در معرفی و آیین نامه اجرایی فائو برای ماهیگیری مسئولانه اشاره می‌کنند.

⁵⁶ Strain

⁵⁷ Breeding Centers



شکل ۵-۱- سیستم انتشار و تکثیر سویه های بهبودیافته ژنتیکی به منظور معرفی و استفاده در پرورش آبزیان

هدف اصلی از توسعه سیستم اعتباربخشی هچری ها حصول اطمینان از اجرای دستورالعمل های مربوط به حفظ کیفیت ژنتیکی ماهیان انگشت قد هچری هاست که در مزارع پرورشی استفاده می شود و یا حفاظت ایمن از منابع ژنتیکی بومی می باشد.

توصیه می شود که:

- برای دریافت تخم اصلاح ژنتیکی شده مسئولان هچری باید برای تأیید اعتبار از مرکز اصلاح نژاد درخواست مدارک کنند. این درخواست بر اساس مجموعه ای از معیارها مورد بررسی قرار می گیرد که می تواند شامل عناصر ذکر شده در اینجا و همچنین سایر اطلاعات مربوطه باشد (به عنوان مثال امکانات، تجربه، مکان، عملکرد قبلی).
- مراکز اصلاح نژاد مولدین را بر اساس پروتکل های مشخص و بر اساس نیاز از هچری معتبر تأمین و یا جایگزین می کنند.
- هچری هایی که به عنوان واحدهای اعتباربخشی در نظر گرفته می شوند باید به خوبی مدیریت شده و بهترین روش های آبی پروری را با توجه به نظرات کادر فنی واجد

شرایط دنبال کنند.

- سیستم ثبت سوابق موجودی مولدین یا بچه‌ماهی در هجری باید اجرا شود.
- به منظور نظارت بر توزیع جغرافیایی ذخایر بهبودیافته ژنتیکی، باید سیستمی برای نظارت بر توزیع ماهیان انگشت قد از هجری‌های معتبر به تولیدکنندگان اجرا شود. این سیستم امکان ارزیابی تأثیرات اقتصادی و زیست‌محیطی بالقوه سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی در حال انتشار را فراهم می‌کند.
- هجری‌ها باید اقدامات کنترل کیفیت را اجرا کنند و وضعیت اعتبارسنجی آن‌ها باید مرتباً بررسی شود.

۴-۵- بحث

جابجایی قابل توجهی از سویه‌ها و گونه‌های بیگانه با هدف آبی‌پروری در نقاط مختلف صورت گرفته است (۶۳) اما مطالعات ارزیابی بسیار کمی از آثار خوب و بد آن انجام شده است (۶۴). از دولت‌ها خواسته می‌شود که اطلاعات مربوط به معرفی و انتشار گونه‌های بیگانه و ذخایر بهبودیافته ژنتیکی را در کشورهای خود ثبت کرده و اطلاعات را آن را به سازمان فائو گزارش نمایند. سازمان فائو بانک اطلاعاتی معرفی گونه‌های آبی (DIAS) را که همچنین حاوی اطلاعاتی در مورد تأثیرات آن‌ها نیز می‌باشد نگهداری می‌کند. اطلاعات گونه‌های بیگانه در حال افزایش است و امکان تصمیم‌گیری بهتر در مورد معرفی گونه‌های بیگانه را فراهم می‌کند. هیچ منبع اطلاعاتی قابل مقایسه‌ای در مورد تأثیر سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی وجود ندارد.

بسیاری از نقل و انتقالات ذخایر بهبودیافته و گونه‌های بیگانه خیلی ضعیف کنترل می‌شوند، حتی اگر تشخیص گسترده‌ای وجود داشته باشد اما به دلیل خطرات موجود، کنترل کردن آن لازم است. در درجه اول دستیابی به استاندارد⁵⁸ (HACCP) تجزیه و تحلیل مخاطرات و رویکرد نقطه کنترل بحرانی، راهکاری است (۶۵) که بازرگانان شیلاتی و کارشناسان آبی‌پروری و حیات‌وحش در برخی مناطق به منظور کاهش خطرات ریسک ورود گونه‌های غیربومی یا گونه‌های غیرمجاز به کشورهای وارد کننده و عوامل بیماری‌زا و ارتقاء آگاهی عمومی ارائه

⁵⁸ Hazard Analysis and Critical Control Point

می‌دهند. همچنین استاندارد حصپ برای پرورش‌دهندگان ماهی سالمون به منظور کاهش احتمال فرار این گروه از آبزیان از مزارع به منابع طبیعی لازم است ترویج شود. از سوی دیگر اجرای دستورالعمل MTA^{۵۹} راهکاری است که برای کنترل و بهبود شرایط موجود مؤثر خواهد بود که تاکنون از این شیوه برای فرایند جابه‌جایی محصولات تولیدی در عرصه آبی پروری و شیلاتی چندان استفاده نشده است.

⁵⁹ Material Transfer Agreements (MTAs)

ضمیمه: قرارداد نقل و انتقال مواد (MTAs)

مثال زیر نمونه‌ای از یک قرارداد نقل و انتقال مواد بر اساس قراردادی است که درحال حاضر مرکز جهانی ماهی^{۶۰} از آن استفاده می‌کند.

به (TO): درخواست بهبود ژرم پلاسما^{۶۱} باید از یک مرجع ذی‌صلاح که دارای اختیار قانونی و سیاسی برای انتشار مواد ژنتیکی است، ارائه شود.

من/ما مواد ژنتیکی زیر را سفارش می‌دهیم:

لیستی از مواد درخواستی باید در اینجا ضمیمه شود که شامل توضیحات دقیق مواد، کاربرد آن‌ها و محل استفاده از آن‌ها باشد که در متن درخواست ذکر شده است،

من/ما موافق هستیم بر

- رعایت مفاد کنوانسیون تنوع زیستی^{۶۲}.
- از انتشار بیشتر ژرم پلاسما در مکان‌هایی که می‌تواند آثار سوء زیست‌محیطی ایجاد کند، جلوگیری شود.
- نه ادعای مالکیت شخصی بر روی مواد دریافت شده از سوی شرکت را داریم و نه به دنبال دریافت حقوق مالکیت معنوی بر روی آن ژرم‌پلاسما یا اطلاعات مرتبط هستیم.
- اطمینان حاصل شود که هر فرد یا مؤسسه‌ای که نمونه‌های ژرم‌پلاسما را که در دسترس او قرار می‌دهیم، به همان قوانین پایبند است.
- مسئولیت انطباق با مقررات ایمنی زیستی و واردات کشور و هر یک از قوانین کشور گیرنده در مورد رهاسازی مواد ژنتیکی، کاملاً مربوط به خود من/ما است.
- پیروی از پروتکل‌های قرنطینه پیشنهاد شده توسط دستورالعمل‌های فنی فائو در مورد مدیریت سلامت برای جابجایی مسئولانه حیوانات آبی زنده و مرکز جهانی ماهی.
- وقتی که ژرم پلاسما به خارج از مرزهای کشور ما منتقل شود، ما از کدها و

⁶⁰ Fish World Center

⁶¹ Germplasm

⁶² Convention of Biological Diversity

دستورالعمل‌های بین‌المللی مربوطه پیروی خواهیم کرد، همانند CCRF، ICES و OIE.

- تاریخ:

- نام فرد/ مؤسسه درخواست‌کننده ژرم‌پلاسم

آدرس:

آدرس حمل‌ونقل (در صورت متفاوت بودن با موارد فوق)

امضای مقام مجاز:

۶- ملاحظات اقتصادی مرتبط با برنامه‌های بهبود ژنتیکی (۶۶)

۶-۱- شواهدی در مورد بهبود ژنتیکی

در گونه‌های جانوری و گیاهی خشک‌زی برنامه‌های بهبود ژنتیکی سهم قابل توجهی در افزایش بهره‌وری و پایداری این صنعت داشته است. حال آنکه بیشتر ذخایر آبرزی پروری که امروزه در کشورهای در حال توسعه استفاده می‌شود، از نظر ژنتیکی مشابه و یا پایین‌تر از نمونه‌های هم‌تایان وحشی و غیر بومزاد خود هستند (۶۷ و ۶۸).

شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد برنامه‌های اصلاح نژاد و بهبود ژنتیک در گونه‌های مختلفی از آبزیان (جانوران آبرزی) می‌تواند نقش مؤثری در افزایش تولید ذخیره و محصول داشته باشد. دو نمونه از آبزیان اصلاح نژاد شده در کشورهای در حال توسعه گونه‌های تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) پرورشی اصلاح ژنتیکی شده (GIFT)^{۶۳} و جایانته روهو^{۶۴} (*Labeo rohita*) هستند که بر اساس الگوی موفق اصلاح نژاد ماهی آزاد اطلس^{۶۵} (*Salmo salar*) که در دهه ۱۹۷۰ در نروژ انجام شد (۶۹)، صورت گرفته است. از این رو سویه‌های بهبود یافته ژنتیکی به دلیل رشد و بقای بیشتر برای آبرزی پروران بسیار جذاب و ارزشمند است.

۶-۲- عوامل محدودکننده در پذیرش گسترده فناوری

اثبات بهبود ژنتیکی را می‌توان در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده که در آن مجموعه‌ای از سوابق و اطلاعات لازم به‌طور سیستماتیک نگهداری می‌شود، به راحتی به دست آورد.

با این حال مشاهده بهبود ژنتیکی در آبزیان که وارد سیستم پرورشی شده‌اند، بسیار کم است. صفات مهم از نظر تولید، مانند سرعت رشد، بقا و عاری از بیماری بودن، نه تنها تحت تأثیر ژنتیک بلکه تا حد زیادی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند که این امر تعیین دقیق علت تغییرات مشاهده شده در سیستم تولید را اگر نگوییم غیرممکن اما دشوار می‌کند. بعلاوه، برنامه‌های بهبود ژنتیکی

^{۶۳} Genetically Improved Farmed Tilapia

^{۶۴} Jayanti rohu

^{۶۵} Atlantic salmon

نیازمند یک سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های سالانه برای اجراست.

با توجه به این هزینه‌ها، ممکن است مؤسسات دولتی در مورد سرمایه‌گذاری در چنین برنامه‌هایی قانع نشوند، مگر اینکه بتوان با اطمینان منافع آشکار آن را برای کشور در سطح ملی پیش‌بینی کرد. به منظور تولید اطلاعاتی که می‌تواند در تصمیم‌گیری منطقی در مورد بهبود ژنتیکی کمک کند، باید ملاحظات اقتصادی در دو سطح مهم در نظر گرفته شود؛ یعنی هنگام تعیین اهداف برنامه اصلاح نژاد و هنگام ارزیابی هزینه‌ها و مزایای اجرای برنامه در افق زمانی معقول. البته این دو سطح با هم مرتبط هستند، اما بهتر است جداگانه بررسی شوند.

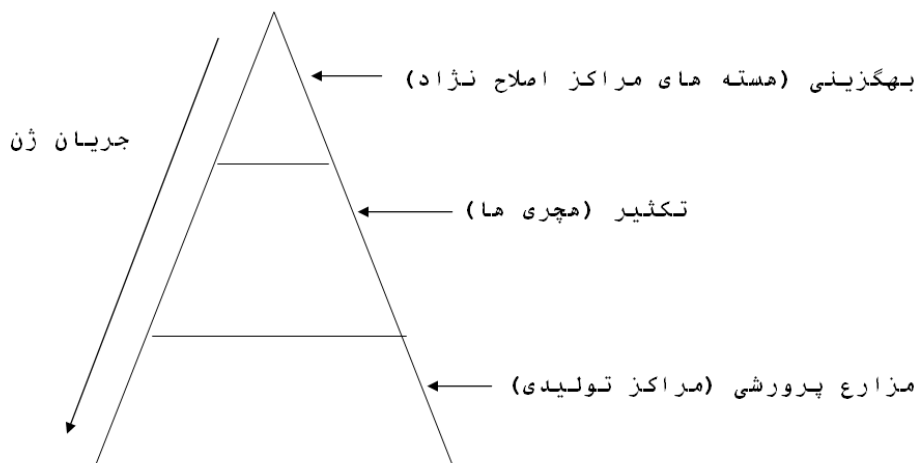
۳-۶- اهداف اصلاح نژاد

در تولیدات دامی، بهبود ژنتیکی معمولاً در بخش بسیار کمی از جمعیت صورت می‌گیرد. بهبود ژنتیکی به دست آمده ماهیان برتر در هسته‌های اصلاح نژاد، در مراکز تکثیر چند برابر می‌شوند و سپس در سیستم‌های پرورشی توزیع می‌شوند (فصل ۵). جریان طبقه‌بندی به صورت گرافیکی در شکل ۶.۱ نشان داده شده است. اجرای یک برنامه بهبود ژنتیکی در تعداد نسبتاً کمی از آبزیان می‌تواند برای سرویس‌دهی به جمعیت بسیار زیادی که درگیر تولید هستند، کافی باشد.

مراکز هسته اصلاح نژاد، مولدین لازم را برای هجری‌ها تأمین می‌کنند (چند برابر سازی ذخایر بهبودیافته ژنتیکی). در عوض بچه‌ماهی تولید شده در مراکز تکثیر در مزارع پرورشی رشد داده می‌شوند.

با توجه به ساختار صنعتی ارائه شده (شکل ۱-۶ و فصل ۵) آبی‌پروران تقریباً همه ماهی‌ها را برای مصرف تولید می‌کنند.

از این رو، اهداف اصلاح نژاد با توجه علاقه‌مندی‌های پرورش‌دهندگان و ملاحظات هسته‌های اصلاح نژاد و هجری‌های وابسته به عنوان بخش‌های خدمات‌دهی به آبی‌پروران، باید تعریف شود. صفات بیولوژیکی موجود در اهداف اصلاح نژاد باید خصوصیتی باشد که بر سود، یعنی درآمد، هزینه یا هر دو در سطح مزرعه تأثیر بگذارد. این موارد برای یک مورد ساده در جدول ۶-۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۶-۱- جریان ژن از هسته اصلاح نژاد به سیستم تولید

هزینه - درآمد = سود

$$\text{Profit}(P) = \text{income} - \text{Expense}$$

این معادله می تواند به عنوان تابعی از صفات بیولوژیکی در جدول ۱ بیان شود. مقیاس بندی آن میزان تولید برای ۱۰۰۰ ماهی ذخیره شده که می توانیم بنویسیم:

$$P = 1000[(W)(S/100) (\text{price per unit weight of fish}) - FI(\text{price per unit weight of Feed})] - K$$

W: وزن ماهی در زمان برداشت محصول

S: درصد بقا در زمان برداشت محصول

FI: مقدار کل خوراک مصرف شده برای هر ماهی در زمان برداشت

K: میزان هزینه ثابت

هزینه های ثابت هزینه هایی است که تولیدکننده بدون توجه به سطح تولید خود متحمل می شود و می تواند هنگام محاسبه ارزش اقتصادی برای هر صفت نادیده گرفته شود.

این معادله محاسبه ارزش اقتصادی برای هر صفت را در اهداف اصلاح نژاد امکان پذیر می کند. مقادیر اقتصادی معمولاً به دلیل واحد اندازه گیری، بیان آن ها در سیستم تولید و اهمیت اقتصادی نسبی، بین صفات متفاوت است. به عنوان مثال، نرخ بقا در همه ماهی های ذخیره شده استفاده می شود، اما وزن بازاری فقط در ماهیانی اهمیت دارد که برای فروش زنده مانده اند. همچنین، اگر

قیمت خوراک نسبت به قیمت ماهی کم (زیاد) باشد، در این صورت خوراک دارای ارزش اقتصادی پایین‌تری (بیشتر) نسبت به وزن برداشت خواهد داشت.

محاسبه ضرایب اقتصادی صفات در اهداف اصلاح نژاد، محاسبه بهبود ژنتیکی در واحدهای اقتصادی را امکان‌پذیر می‌کند.

درج صفات مرتبط با هزینه و همچنین مرتبط با درآمد بسیار مهم است؛ زیرا اگر فقط صفات درآمد در آن گنجانده شود، ممکن است ارزش اقتصادی بهبود ژنتیکی بیش‌ازحد تخمین زده شود.

مقادیر اقتصادی برای هر صفت را می‌توان با محاسبه اختلاف $P - P^*$ به صورت عددی ارزیابی کرد، در جایی که P سود با مقدار میانگین برای همه صفات است و P^* مقدار سود پس از افزایش صفت مورد نظر به میزان یک واحد است، درحالی‌که صفات دیگر در مقدار متوسط قرار دارند.

با استفاده از معادله سود در بالا، در می‌یابیم که مقادیر اقتصادی وزن، بقاء و خوراک مصرفی به ترتیب ۰.۸۵ دلار آمریکا، ۳.۰۰ دلار آمریکا و - ۰.۵۶ دلار آمریکاست.

جدول ۶-۱- صفات بیولوژیکی که در اهداف اصلاح نژاد لحاظ شده‌اند

تأثیر بر سود	صفات	دلایل
درآمد	وزن برداشت ^{۶۶} (W)	ماهی‌ها بر اساس وزن به بازار عرضه می‌شوند، ماهی‌های با وزن بیشتر (چاق‌تر) و ماهیان با رشد سریع نسبت به ماهیان با رشد کم زودتر به وزن بازاری می‌رسند بنابراین ماهیان با این شرایط قیمت بیشتری دارند.
	درصد بقا ^{۶۷} (S)	افزایش نرخ بقای بیشتر منجر به تعداد بیشتری ماهی می‌شود که برای مصرف یا فروش موجود است.
هزینه	خوراک مصرفی ^{۶۸} (FI)	خوراک بیشترین هزینه را در آبی‌پروری به خود اختصاص می‌دهد. از این رو افزایش نرخ رشد می‌تواند به افزایش میزان خوراک مصرفی منجر شود.

۴-۶- هزینه و سود یک برنامه بهبود ژنتیکی

در حالی که روش‌های مختلفی برای دستکاری در ژنتیک موجودات آبی وجود دارد (به عنوان مثال پلی‌پلوئید، آمیخته‌گری)^{۶۹}، اصلاح نژاد مبتنی بر انتخاب، تنها رویکردی است که به موجب آن می‌توان تولید را چند برابر کرد و از نسلی به نسل دیگر انتقال داد. این مقاله به‌طور ویژه بر اصلاح نژاد مبتنی بر انتخاب تمرکز دارد. پاسخ‌های سالانه به انتخاب در مقایسه با دستاوردهایی که از طریق گسترش، بهبود تغذیه و سیستم متراکم تولید حاصل می‌شود، اغلب ناچیز به نظر می‌رسند. با این حال، پاسخ به انتخاب اندازه‌گیری شده در یک جمعیت، اندازه‌گیری خوبی از تأثیر بالقوه پیشرفت ژنتیکی ارائه نمی‌دهد.

^{۶۶} Harvest weight

^{۶۷} Survival rate

^{۶۸} Feed intake

^{۶۹} Cross-breeding

با یک ساختار مناسب صنعتی، پاسخ‌های کوچک اما تجمعی به انتخاب حاصل شده در هسته اصلاح نژادی که تحت پیشرفت ژنتیکی است، می‌تواند به یک مرکز تکثیر که این بهبود ژنتیکی را چند برابر می‌کند، منتقل شود و سپس از مراکز تکثیر به مزارع منتقل گردد (شکل ۶-۱؛ شکل ۵-۱ و فصل ۵).

این پتانسیل برای بیان تغییرات اندک انباشته شده در هزاران یا میلیون‌ها آبرزی، همان چیزی است که برنامه‌های بهبود ژنتیکی را به یکی از قدرتمندترین و ارزان‌ترین ابزارها برای افزایش کارایی پرورش آبریان تبدیل می‌کند.

۵-۶- عوامل مؤثر بر سود اقتصادی و نسبت سود به هزینه برنامه‌های

بهبود ژنتیکی

یک روش ثابت وجود دارد که به‌طور کلی در مطالعات مربوط به پیامدهای اقتصادی اجرای یک برنامه بهبود ژنتیکی استفاده می‌شود (۷۱). نتایج چنین مطالعاتی به پیش‌فرض‌های انجام شده در مورد عوامل متعددی که ممکن است بر نتیجه تأثیر بگذارند، بستگی دارد. جدول ۶-۲ این عوامل را فهرست می‌کند و مقادیر عددی را ارائه می‌دهد که طیف وسیعی از سناریوهای قابل قبول را پوشش می‌دهد.

در عمل، می‌توان قدرت مفروضات ساخته‌شده را با آزمایش حساسیت نتایج به انحراف واقع‌بینانه از این نوع سود اقتصادی (^{70}EB) و نسبت سود به هزینه (^{71}BCR) حاصل از برنامه بهبود ژنتیکی، آزمایش کرد. هنگامی که چندین مقدار برای یک پارامتر مشخص نشان داده می‌شود، از یک متغیر پررنگ به‌عنوان مرجعی برای تولید «نتایج پایه» استفاده می‌شود (جدول ۶-۳)، سایر مقادیر در تجزیه و تحلیل حساسیت استفاده می‌شود (به بخش ۶-۸ مراجعه کنید).

⁷⁰ Economic benefit

⁷¹ Benefit/cost ratio

۶-۶- سودمندی کلی نتایج

انجام ارزیابی‌های اقتصادی برنامه‌های بهبود ژنتیکی به‌ویژه از منظر ملی بسیار مفید است، جایی که تصمیم‌گیرندگان بر محاسبه ثروت اضافی کشور، برای اجرای چنین برنامه‌ای متمرکز می‌شوند. این یافته‌ها همچنین برای یک حرکت عمودی یکپارچه کنترل مرکز هسته اصلاح نژاد، تفریخگاه‌ها و بخش تولید قابل استفاده است (شکل ۶-۱). نتایج به‌شدت حاکی از آن است که می‌توان از بهبود ژنتیکی، بازده بسیار مطلوبی در سرمایه‌گذاری به دست آورد (جدول ۶-۳). حتی برای مقادیر بسیار محافظه‌کارانه‌ای که برای سطح پایه عوامل جدول ۲ EB و BCR در نظر گرفته شده است سود اقتصادی چهار میلیون دلار آمریکا و نسبت سود به هزینه ۸.۵ پس از ۱۰ سال اجرای برنامه بسیار مطلوب بودند. «نقطه سر به سر» یعنی لحظه‌ای که سود از منفی به مثبت تبدیل می‌شود، در سال سوم اتفاق می‌افتد.

جدول ۶-۲- مقادیر پارامتر برای ارزیابی اقتصادی برنامه اصلاح نژاد

پارامتر	ارزش
پارامترهای اقتصادی	
سرمایه‌گذاری اولیه در برنامه	۱۰۰۰۰، ۷۵۰۰۰، ۵۰۰۰۰ دلار آمریکا
نرخ بهره ^{۷۲}	۰.۰۵، ۰.۱۰، ۰.۱۵ روز (کسر)
ضریب تبدیل ^{۷۳}	محاسبه شده از مقادیر d و $r = 1 / (1 + d)$
هزینه سالانه (دوره‌ای)	30000، 60000، 90000 دلار آمریکا
قیمت ماهی (در محل مزرعه)	۰.۰۰۱، ۰.۰۰۱۵، ۰.۰۰۲ دلار آمریکا / گرم
هزینه خوراک	۰.۰۰۵۶ دلار آمریکا / گرم
تعداد سال‌هایی که طرح ارزیابی شده است	۱۰ سال
پارامترهای بیولوژیکی	
فاصله نسلی در ماده‌ها	۱ سال
فاصله نسلی در نرها	۱ سال
وراثت‌پذیری	وزن 0.2، 0.3، 0.4 بقا 0.05، ۰.۰۸، ۰.۱۲؛ خوراک مصرفی 0.16، 0.25، 0.3
مصرف خوراک تجمعی	۴۰۰ گرم
پارامترهای عملیاتی	
اولین سال برگشت سرمایه	۲، ۳، ۴ سال
تعداد ماهی‌هایی که کشتار یا به بازار عرضه شده‌اند	(سال ۱) ۲۰۵؛ (سال ۲) ۶۲۴۸؛ (سال ۳) ۴۷۰۳۲؛ (سال ۴) ۳۳۸۰۰ میلیون قطعه
وزن برداشت	۳۰۰ گرم
میزان بقا	۸۵٪

a- هنگامی که مقادیر مختلفی ارائه می‌شود، از مقدار تیره‌تر (bold) به عنوان مرجعی برای تولید «نتایج پایه» استفاده شد، در حالی که سایر مقادیر در تجزیه و تحلیل حساسیت استفاده شد.

b- ارقام مربوط به سطوح مختلف فناوری تولیدمثل، از یک سطح بسیار پایین، به بالاتر است. سطح ۱ مربوط به مدیریت ضعیف و تخم‌ریزی طبیعی در استخرهاست؛ سطح ۲ مانند سطح ۱

⁷² Discount rate

⁷³ Discount factor

است اما با مدیریت خوب؛ سطح ۳ از تولیدمثل در هلیپاس^{۷۴}، جمع‌آوری تخم از دهان ماده و انکوباسیون مصنوعی در هستهٔ اصلاح نژاد و تخم‌ریزی طبیعی با مدیریت خوب در مراکز تکثیر استفاده می‌کند؛ سطح ۴ فرض می‌کند که تولیدمثل در هاپاس (همان‌طور که برای سطح ۳ شرح داده شده است) هم در هسته و هم در مراکز تکثیر استفاده می‌شود.

جدول ۶-۳- جریان نقدی بهره^{۷۵} ($d=5\%$)، سود اقتصادی و نسبت سود به هزینه برای وضعیت پایه.

سال	ضریب تبدیل	برگشت بهره ^{۷۶}	هزینه‌های بهره برحسب هزار دلار	سود اقتصادی برحسب هزار دلار	نسبت سود به هزینه
۰	۱	۰	۰	-۷۵	-
۱	۰.۹۵۲	۰	۵۷.۱۴	-۱۳۲.۱۴	۰
۲	۰.۹۰۷	۱۳۰.۵۶	۱۱۱.۵۶	-۵۶.۰۱	۰.۷
۳	۰.۸۶۴	۳۷۹.۲۳	۱۶۳.۳۹	۱۴۰.۸۴	۱.۶
۴	۰.۸۲۳	۷۳۴.۴۸	۲۱۲.۷۶	۴۴۶.۷۳	۲.۶
۵	۰.۷۸۴	۱۱۸۵.۶۰	۲۵۹.۷۷	۸۵۰.۸۳	۳.۵
۶	۰.۷۴۶	۱۷۲۲.۶۴	۳۰۴.۵۴	۱۳۴۳.۱۰	۴.۵
۷	۰.۷۱۱	۲۳۳۶.۴۰	۳۴۷.۱۸	۱۹۱۴.۲۱	۵.۵
۸	۰.۶۷۷	۳۰۱۸.۳۵	۳۸۷.۸۰	۲۵۵۵.۵۶	۶.۵
۹	۰.۶۴۵	۳۷۶۰.۶۲	۴۲۶.۴۷	۳۲۵۹.۱۵	۷.۵
۱۰	۰.۶۱۴	۴۵۵۵.۹۰	۴۶۳.۳۰	۴۰۱۷.۶۰	۸.۵

۷-۶- موقعیت‌یابی مقادیر پارامتر پایه در شرایط واقعی

مقادیر پارامتر پایه در اینجا انتخاب شده‌اند تا سناریویی کاملاً محافظه‌کارانه را نشان دهند.

^{۷۴} Hapas

^{۷۵} Discounted cash flow

^{۷۶} Discounted returns

به عنوان مثال، وقتی قیمت ماهی و کارایی تولیدمثل نزدیک به حد پایین مقادیر قبل انتظار تعیین شد، سود اقتصادی تا سال سوم اجرای برنامه از منفی به مثبت تبدیل خواهد شد (جدول ۶-۳)، و تا سال دهم نسبت سود به هزینه ۸.۵ شد. در عمل، قیمت ماهی احتمالاً بیشتر خواهد بود و با استفاده از فناوری بسیار ساده و ارزان، بازده تولیدمثل ماهی می تواند بیشتر باشد. از این رو، سود اقتصادی و نسبت سود به هزینه به دست آمده با مقادیر پارامتر پایه، باید حداقل آن چیزی باشد که می توان از یک برنامه بهبود ژنتیکی مانند برنامه مورد نظر انتظار داشت.

۸-۶- تحلیل حساسیت

عوامل مؤثر بر سود اقتصادی و نسبت سود به هزینه را می توان به سه دسته تقسیم کرد: (جدول ۶-۲)

- ۱- بیولوژیکی (مقادیر وراثت پذیری به منظور محاسبه میزان خوراک مصرفی)
- ۲- اقتصادی (میزان سرمایه اولیه، هزینه سالانه، نرخ بهره، قیمت فروش ماهی)
- ۳- مدیریتی (اولین سالی که برگشت سرمایه اتفاق می افتد، کارایی تولیدمثل)

۸-۶-۱ عوامل بیولوژیک

آثار دو عامل بیولوژیکی مقادیر وراثت پذیری در صفات اهداف اصلاح نژاد و راهبرد میزان مصرف خوراک آبریان بررسی شد. وراثت پذیری بالاتر منجر به افزایش بهبود ژنتیکی و در نتیجه افزایش سود اقتصادی و افزایش نرخ سود به هزینه می شود. تا حدودی، مقدار وراثت پذیری ویژگی صفت و جمعیت مورد نظر است و اما با کاهش واریانس محیط از طریق اقدامات مدیریتی، بهبود می یابد.

اگرچه سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه فقط نسبت به تغییرات بالای وراثت پذیری حساس بودند، اما اقدامات مدیریتی که ممکن است منجر به کاهش واریانس محیط در هسته اصلاح نژاد شود باید هر زمان ممکن اجرایی شود. تولید هم زمان فرزندان حاصل از تخم ریزی و رشد در شرایط استاندارد و یکنواخت، نمونه هایی از این اقدامات است.

در مورد صفت مصرف خوراک، علی رغم نبود پارامترهای ژنتیکی برای این صفت، در اکثر گونه های پرورشی، این صفت نیز باید جزء اهداف اصلاح نژاد قرار گیرد؛ زیرا خوراک آبریان عمده ترین هزینه تولید در آبرزی پروری است.

مقادیر پارامتر مورد استفاده برای مصرف خوراک بر اساس چندین فرضیه بود، اما توجه داشته باشید که نادیده گرفتن مصرف خوراک، مفروضات رادیکال تری را شامل می‌شود؛ یعنی اینکه با سرعت رشد بیشتر، نیازهای خوراک افزایش نمی‌یابد یا هزینه خوراک اضافی صفر است. فرض اخیر قطعاً درست نیست.

با توجه به مورد اول شواهد تجربی وجود دارد که نشان می‌دهد در ماهی آزاد اطلس، همبستگی بین مصرف خوراک و همچنین بازده خوراک با انتخاب برای سرعت رشد وجود دارد (۷۲). همچنین، در ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای (*S. trutta*) همبستگی در پاسخ به مصرف خوراک وجود دارد، اما در کارایی استفاده از خوراک تغییری حاصل نمی‌شود (۷۳). این نتایج تجربی، همراه با اهمیت هزینه‌های خوراک در سیستم تولید، توجه کافی برای گنجاندن این صفت در هدف اصلاح نژاد را فراهم می‌کند. نادیده گرفتن مصرف خوراک در هدف اصلاح نژاد، منجر به یک برآورد بیش‌ازحد از سود حاصل از برنامه بهبود ژنتیکی با تأکید بر صفت نرخ رشد می‌شود که این نتیجه با آنچه در گونه‌های جانوری خشک‌زی مشاهده می‌شود (۷۴)، سازگار است. اگرچه بعید است که میزان مصرف خوراک در برنامه اصلاح نژاد در کشورهای در حال توسعه اندازه‌گیری شود، اما مطلوب است، ارزیابی پارامترهای فنوتیپی و ژنتیکی برای این صفت توسط مؤسسات تحقیقاتی صورت گیرد تا اطمینان ما را نسبت به مقادیر این پارامتر، به منظور استفاده در ارزیابی‌های ژنتیکی و پیش‌بینی پاسخ به انتخاب افزایش دهد. (۷۵)

۲-۸-۶- عوامل اقتصادی

سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه نسبت به میزان سرمایه‌گذاری اولیه حساس نیستند، در حالی که هزینه سالانه برنامه اصلاح نژاد تأثیر بیشتری بر نرخ سود به هزینه نسبت به سود اقتصادی دارد. در مقابل، نرخ بهره تأثیر بیشتری بر سود اقتصادی نسبت به نرخ سود به هزینه دارد.

نرخ بهره^{۷۷} (d، جدول ۶-۲): نرخ مطلوبی است که در محاسبه ارزش فعلی سود و هزینه‌های آینده مورد انتظار استفاده می‌شود.

⁷⁷ Discount rate

ضریب تبدیل^{۷۸} $(1+d)^{-1}$ ، جدول ۶-۲): عاملی است که منافع یا هزینه‌های مورد انتظار را در یک سال آینده «y» به شرایط ارزش فعلی تبدیل می‌کند. انتخاب نرخ بهره در مطالعه‌ای از این دست همیشه جای بحث دارد.

در شرایط فعلی، هزینه‌ها و سودها از نظر جامعه به عنوان یک کل (به عنوان یک شرکت یا شخص جداگانه) در نظر گرفته شده و ارزیابی می‌شوند، و از روش تنزیل^{۷۹} برای بیان چنین هزینه‌ها و سودهایی از نظر ارزش خالص فعلی استفاده می‌شود. سپس می‌توان این ارزش خالص فعلی را با مقادیر به دست آمده از مصارف جایگزین منابع محدودی که یک کشور در حال حاضر برای سرمایه‌گذاری دارد، مقایسه کرد. در حالت فعلی، با وجود نرخ باروری فرض شده پایین، حتی در نرخ بهره بالای ۱۵ درصد سود اقتصادی بسیار مثبت باقی‌مانده و نرخ سود به هزینه حدود ۷۵ درصد آن برای وضعیت پایه بود.

قیمت ماهی تأثیر زیادی بر سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه دارد. اگرچه قیمت‌ها اغلب از توان برنامه‌ریزان و مزرعه‌داران خارج است، اما ماهی‌های بزرگتر اغلب قیمت‌های بیشتری را در بازار به دست می‌آورند، بنابراین یک مزیت اضافه شده (و به حساب نیامده) از برنامه اصلاح نژاد و به‌گزینی می‌تواند قیمت‌های بهتر در آینده باشد.

۳-۸-۶- کارایی عملیاتی

سالی که اولین بازده اتفاق می‌افتد، بازتابی از سرعت اجرای کامل برنامه مشتمل بر توزیع تخم در هجری‌ها ایجاد می‌کند که این مسئله علیرغم ایجاد بهبود ژنتیکی در تخم (هسته) ممکن است در فعالیت‌های بعدی تأخیر ایجاد کند که حتی با تأخیر دوساله سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه بسیار قابل قبول است. کارایی تولیدمثل (بهره‌وری تولیدمثل) که برای وضعیت پایه در نظر گرفته شده است (جدول ۲-۶) حداقل سطحی است که باید در آن برنامه‌های بهبود ژنتیکی اجرا شود و برنامه‌ای است که می‌تواند به راحتی با فناوری در دسترس و مقرون به صرفه بهبود یابد. بر اساس نتایج به دست آمده در این مطالعه پس از ۱۰ سال یک سود اقتصادی و بعد از ۸/۵ سال یک نرخ

⁷⁸ Discount factor

⁷⁹ Discounting technique

سود به هزینه بسیار مطلوب به دست می‌آید (جدول ۳-۶). سطح سوم کارایی تولیدمثل با استفاده از تکنولوژی‌های ساده و ارزان و هدف‌گذاری‌های ساده، می‌تواند برنامه‌های بهبود ژنتیکی ملی را هدف قرار دهند.

با بازده باروری در سطح ۴ هر دو عامل سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه، به طرز خارق‌العاده‌ای میزان بهبود ژنتیکی را افزایش داده‌اند. بنابراین ممکن است چنین ادعا شود که برای دستیابی به حداکثر بازده تولیدمثلی در هجری‌های دولت باید سرمایه‌گذاری جهت انتقال فناوری و در اختیار قرار دادن آن‌ها به مدیران مراکز هجری‌ها را بر اساس مدل تعریف‌شده علیرغم تبلیغات صورت گرفته، انجام دهد.

۴-۸-۶- خلاصه آنالیز حساسیت

- اقدامات مدیریتی در هسته ممکن است واریانس محیطی را کاهش داده و در نتیجه وراثت را افزایش دهد، احتمالاً تأثیر متوسطی بر سودآوری خواهد داشت.
- می‌بایست برای جلوگیری از تخمین بیش‌ازحد ناخالصی سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه برنامه، هزینه افزایش مصرف خوراک به‌عنوان یک پاسخ همبسته به، به‌گزینی برای رشد بیشتر در نظر گرفته شود.
- سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های سالانه و نرخ بهره به‌گزینی احتمالاً حداقل اثر را بر روی سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه خواهد داشت، درحالی‌که قیمت ماهی می‌تواند بر این دو فاکتور بسیار مؤثر باشد.
- بنابراین هرچه اولین بازده در بازه زمانی کوتاه‌تری رخ دهد، بیشترین کارایی را بر روی فاکتور سود اقتصادی داشته و در پی آن هر دو عامل سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه افزایش خواهند داشت.

۹-۶- شانس موفقیت

بر اساس فرضیات تعریف شده، نتایج ارائه شده در بخش‌های قبلی (با استفاده از معادلات ریاضی در پیش‌بینی نتایج) ماهیت قطعی دارند. باوجوداین بهبود ژنتیکی با استفاده از به‌گزینی یک فرایند کاملاً تصادفی مشتمل بر نمونه‌برداری از طبقه‌بندی در هنگام انتخاب والدین هر نسل و زمانی که

این والدین فرزندان را تولید می‌کنند، بوده و از این روش می‌توان برای ارزیابی احتمال موفقیت برنامه بهبود ژنتیکی، بررسی تنوع پیش‌بینی شده در پاسخ به به‌گزینی استفاده کرد (۷۶).

ضریب تغییرات محاسبه شده با استفاده از معادلات ارائه شده توسط Nicholas (1989) به اندازه کافی پایین بوده تا بتواند به نتیجه برنامه اطمینان دهد، و اگر محدودیت اطمینان برای سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه تعیین شود، این حتی در پایین‌ترین سطح تولیدمثل مورد مطالعه نیز در مقادیر مطلوب قرار می‌گیرد (جدول ۶.۴)

بنابراین، خطر خرابی به دلایل فنی بسیار کم است. البته، شکست در اثر بلایای طبیعی یا عدم تداوم هدف می‌تواند رخ دهد، اما مقابله با این نوع دلایل به‌صورت سیستماتیک بسیار دشوار است.

جدول ۴-۶- حد بالا و پایین (احتمال ۹۵٪) سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه تعیین برای سطوح مختلف کارایی تولیدمثل

کارایی تولیدمثل	نرخ سود به هزینه و سود اقتصادی حد بالا و پایین	سود اقتصادی (million USS)	نرخ سود به هزینه
سطح یک	حداکثر	۱.۱۷	۳.۱۷
	حداقل	۰.۷۹	۲.۴۶
سطح دو	حداکثر	۴.۶	۹.۵۳
	حداقل	۳.۴۴	۷.۴۰
سطح سه	حداکثر	۳۶.۱۱	۶۸.۰۸
	حداقل	۲۷.۹۰	۵۲.۸۲
سطح چهار	حداکثر	۲۶۱.۲۵	۴۸۶.۳۲
	حداقل	۲۰۲.۵۶	۳۷۷.۳۰

۱۰-۶- ملاحظات نتایج

ملاحظات اقتصادی هدفمند در برنامه‌های بهبود ژنتیکی و اصلاح نژاد با هدف اختصاص رابطه نسبت به‌صورت منطقی برای صفت‌های مختلف ضروری است؛ چراکه استفاده از این فرمول می‌تواند آثار اقتصادی برنامه مورد بررسی در صنعت آبری‌پروری را با توجه به عوامل مؤثر بر آن

مطرح کرده و روند توسعه آن را تحت تأثیر قرار دهد. در این قسمت هر دو عامل اصلاح نژاد اقتصادی و هزینه/سود و تعداد آبریان مورد استفاده به عنوان یک شاخص کمی تعیین کننده حساسیت کارایی تولیدمثل برای مولدین و مزارع تفریخ هستند. بنابراین این حالت از بهبود ژنتیکی حاصله در یک رویکرد جامع با هدف ارتقاء، تکثیر و انتشار گونه‌ها یا نژادهای بهبودیافته مطابق با تصورات عمومی در این خصوص از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدل پاورقی ۷۱ می‌تواند برای دیگر فاکتورهای مؤثر بر بهبود ژنتیکی نیز مورد استفاده قرار گیرد، مثلاً شاخص کاهش انتقال ژن مولدین به تفریخگاه‌ها که به علت اثر عوامل محیطی تغییر در ژنوتیپ ماهیان نوزادگاهی را به دنبال دارد. همچنین می‌توان مدل فوق را به صورت معکوس به مرحله اجرا گذاشت که در این حالت عوامل محیطی به طور خاص منجر به تغییر سائز (اندازه مولدین) خواهند شد. استفاده از روش کارایی تولیدمثل پایا (سطح ۲ ارائه شده در جدول ۶) میزان کارایی برابر با ۸.۵٪ و جذب سرمایه‌ای دو بخش سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه بالغ بر ۴ میلیون دلار بوده است. اجرای فناوری تولیدمثل ارزان و در دسترس (سطح ۳ ارائه شده در جدول ۶) افزایش بازده ۶۰٪ در هر دو بخش سود اقتصادی و نرخ سود به هزینه با هزینه‌ای بالغ بر ۳۲ میلیون دلار را در پی دارد. بنابراین برای گونه‌هایی نظیر تیلاپیا به علت سهولت پرورش و بالا بودن کارایی تولیدمثل (سطح ۳) باید اولین هدف در این برنامه، ارتقای برنامه‌های ژنتیک در سطح ملی با قابلیت ارتقاء به سطح ۴ و بهبود کیفی و کمی فعالیت در هچری‌ها در نظر گرفته شود. از منظر ملی ایجاد برنامه‌های بهبود ژنتیکی (اصلاح نژاد) آبریان یک تصمیم‌گیری بنیادی است؛ چراکه علاوه بر افزایش عملکرد تولید برای تولیدکنندگان میزان دسترسی افراد به گونه مورد مطالعه را نیز افزایش داده و می‌تولند فعالیت‌های مربوط به به نژادی و بهینه‌سازی مدیریت، تغذیه، سلامت و بازاریابی آبریان را نیز ارتقا دهد.

۷- مطالعات ارزیابی ریسک و نظارت بر برنامه‌های اصلاح نژاد و بهبود ژنتیکی آبزیان (۷۷)

۷-۱- مقدمه

برنامه‌های اصلاح نژاد و بهبود ژنتیکی (ارائه شده در فصول ۴، ۵، ۶) بیانگر نیاز به شناسایی و مدیریت مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از خروج عمدی یا غیرعمدی آبزیان از اکوسیستم‌های آبی است. مدیریت و ارزیابی اکولوژیک ریسک اساساً یک فرایند اجتماعی است که بر اساس اطلاعات و تحلیل‌های علمی تبیین می‌شود و عملکرد انسان در این مسیر نقش بسزایی را مشتمل بر سه بخش زیر در این زمینه ایفا می‌کند.

- ریسک: عبارت است از احتمال میزان آسیب وارده ناشی از یک خطر یا مجموعه‌ای از مخاطرات؛
- آسیب: عبارت است از خطر پیامدهای نامطلوب یک عارضه بر انسان و یا چیزهایی که برای فرد ارزشمند است؛
- خطر (مخاطره): عبارت است از واقع‌ای که پتانسیل ایجاد آسیب برای فرد یا محیط را دارد.

فرایند ارزیابی ریسک در منابع طبیعی غالباً به صورت مشارکتی بین نهادهای فعال در محیط زیست، منابع طبیعی و نهادهای همکار و مشاور بین‌المللی نظیر فائو بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های علمی صورت می‌گیرد (۷۸) که نمونه‌ای از آن ارائه استاندارد ارزیابی ریسک بهبود ژنتیکی آبزیان با همکاری یک تیم بین‌المللی و سازمان فائو بود (۷۹) که نخستین برنامه (دستورالعمل) جهانی رویکردها و روش‌های فعلی اصلاح نژاد و بهبود ژنتیکی آبزیان را تهیه و تدوین کردند (۸۰). در این دستورالعمل احتمالات و پیامدهای حوادث بالقوه خطرات قبل و بعد از ارائه ماهی اصلاح نژاد شده در محیط مورد مطالعه مطرح شده است که عمدتاً بر روی خطرات اکولوژیک روی جمعیت گونه‌های وحشی آبزیان و سطوح مختلف اکوسیستم زیستی آن‌ها تأکید دارد. همچنین این دستورالعمل شیوه‌های مدیریت ریسک و نظارت بر انتشار گونه‌ها را نیز بیان می‌کند.

۲-۷- آیین نامه

ارائه برنامه‌های اصلاح نژاد و بهبود ژنتیکی همان‌طور که در مقالات ۶.۲، ۷.۲.۲، ۹-۱-۲، ۹-۳۱، ۹-۳-۵ مربوط به آیین‌نامه رفتار زیستی بیان شده است نباید اهداف تنوع ژنتیکی و حفاظت پایدار از گونه‌های وحشی آبریان را، نه از منظر جمعیت و نه از منظر اکوسیستم، دستخوش تغییر نماید. میزان مشارکت و پشتیبانی ذی‌نفعان در این پایش بر اساس مقالات ۱۳-۶، ۱۶-۶ تعیین شده و همان‌طور که مفاد آیین‌نامه ۲-۱-۹ نشان می‌دهد، لازم است مطالعات ارزیابی اکولوژی ریسک و مدیریت اصلاح نژاد ژنتیکی با هدف بهبود ژنتیکی آن‌ها با یکدیگر ادغام گردد؛ چراکه موضوع توسعه و مدیریت آبرزی پروری منجر به تداوم تنوع ژنتیکی و توسعه پایدار اکوسیستم مبتنی بر دستیابی صحیح تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده خواهد شد.

۳-۷- قوانین

۱-۳-۷- چهارچوب تعریف شده برای مطالعات ارزیابی ریسک زیست‌محیطی در کشورهای مختلف متفاوت است، اما علیرغم این موضوع تمامی چهارچوب‌ها از یک ساختار مشترک سیستماتیک و هماهنگی‌های مشترک (انجام همکاری‌های بین‌المللی) برای اجرا برخوردارند (۸۱).

۲-۳-۷- ادغام کل فرایند مدیریت و پایش ارزیابی زیست‌محیطی ریسک می‌بایست با استفاده از تجزیه و تحلیل علمی با مشارکت همه ذی‌نفعان مؤثر بر این موضوع صورت گیرد. (مراحل مشترک چهارچوب‌های ارزیابی زیست‌محیطی ریسک در جدول ۷-۱ ارائه شده است). سازمان‌های مسئول در این بخش می‌بایست افراد و ساختار مؤثر بر اجرای فرایند مدیریت و ارزیابی زیست‌محیطی را تعریف نموده و همچنین تعداد و میزان تخصص‌های مورد نیاز را مشخص کند و در گام بعد شرح وظایف هر یک از آن‌ها را در قالب یک چهارچوب تشریح نماید و اگر چنانچه در مسئله‌ای نیاز به مشارکت و زیر بخش‌های تابعه چندبخشی دارد هر یک از ذی‌نفعان را مشخص کند (۸۲). در این حالت لازم است ضوابط سیاسی و قضایی هر یک از ذی‌نفعان بر اساس میزان دسترسی هریک از آن‌ها به منابع و جوامع منتخب تعریف و به‌روشنی مشخص گردد؛ چراکه تعریف چنین چهارچوبی می‌تواند منجر به ایجاد شفافیت، افزایش اعتماد عمومی و مشروعیت‌بخشی و بهبود کیفی نتایج و پیشنهادهای حاصل از همکاری‌های طرفین

گردد؛ زیرا:

- منجر به رسمیت شناختن تمامی نگرانی‌های اجرایی در همکاری‌های مشترک شده و تمامی ذی‌نفعان همگام با یکدیگر در پی حل مسئله تلاش می‌کنند.

- دستیابی به دانش همه‌گیر ذی‌نفعان در خصوص تمامی جنبه‌های فعالیت نظیر حضور گونه‌های وحشی در منطقه که ارزیابی ریسک اکولوژیک آن‌ها با استفاده از تجزیه تحلیل‌های فنی ناشی از عدم وجود دانش و تکنولوژی مورد نیاز صورت نگرفته است، امکان‌پذیر می‌کند.

- همگام با جمع‌بندی اهم دیدگاه تمامی ذی‌نفعان، نتایج حاصل از پایش ارزیابی زیست‌محیطی ریسک را بین آن‌ها تأیید و تضمین می‌کند.

۳-۳-۷- هر ارزیابی خطر اکولوژیکی باید در اطراف زنجیره خطر رخداد سازمان‌دهی شود که با ورود بالقوه ارگانیسم‌های تغییر یافته ژنتیکی به اکوسیستم آغاز می‌شود و سپس رویدادهای بعدی را که موجب آسیب احتمالی می‌شوند، تعریف می‌کند.

به ارزیابی خطرات ژنتیکی و سایر خطرات اکولوژیکی ناشی از تغییر در ترکیب ژنتیکی و صفات موجود زنده تغییر یافته ژنتیکی، نیاز است. مراحل متعدد در ارزیابی ریسک، به داده‌های تجربی در مورد این تغییرات و مقایسه کردن آن با جمعیتی که در حال حاضر در منطقه جغرافیایی پرورش می‌یابند، و مقایسه با هر خویشاوند وحشی‌ای (۸۳) که در اکوسیستم آبری موجود است، نیاز داد. همچنین باید چگونگی تغییراتی را که ممکن است منجر به آسیب اکولوژیکی شود، بررسی کند. شکل ۷-۱ یک نمونه کلی از زنجیره‌ای از حوادث را نشان می‌دهد که باید اتفاق بیفتد تا در نهایت منجر به آسیب زیست‌محیطی شود.

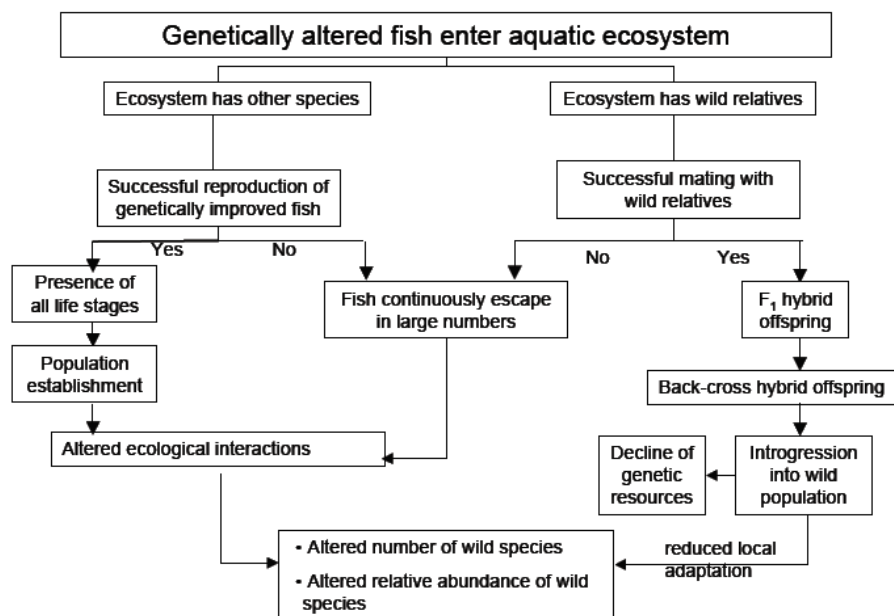
جدول ۷-۱- مراحل که در بیشتر چهارچوب‌های ارزیابی و مدیریت ریسک یافت می‌شود:

(نظرات و مشارکت ذی‌نفعان باید با تجزیه و تحلیل فنی کل ادغام شود)

مرحله	سؤال اصلی که در این مرحله مطرح است
نظرات ذی‌نفعان مختلف در نقاط مهم در هر مرحله ادغام شده است	ارزیابی ریسک
	شناسایی و اولویت‌بندی خطرات
	برآورد ریسک
	قرار گرفتن در معرض هر ریسکِ اولویت‌بندی شده و احتمال آسیب دیدن ناشی از ریسک قرار گرفتن در معرض بیماری
	قرار گرفتن در معرض ریسک چیست و چقدر احتمال ریسک وجود دارد؟ آسیب‌های تحقق این ریسک چه خواهد بود و شدت آن‌ها چقدر است؟

نتیجه‌گیری از ارزیابی ریسک (ماتریس احتمال تخمین‌زده شده برای آسیب رساندن علیه شدت آسیب) چیست؟	برآورد کمی (در صورت امکان)، نیمه کیفی یا کیفی است.
دانش مورد استفاده برای شناسایی خطرات، تخمین احتمال و پیش‌بینی آسیب‌ها چقدر مطمئن است؟ کدام عدم اطمینان را می‌توان از بین برد؟ کدام عدم قطعیت باید در طول ارزیابی اصلاح شود؟	عدم قطعیت‌ها را شناسایی و تحلیل کنید.
	مدیریت ریسک
برای کاهش ریسک به سطوح قابل قبول، با کاهش احتمال یا کاهش پیامدها، چه اقدامی می‌توان کرد؟ آیا اقدامات کاهش ریسک قابل قبول است؟	برنامه‌ریزی کاهش خطر
	اجرای طرح
آیا فعالیت‌های نظارتی قابل قبول است؟ اقدامات انجام شده برای کاهش ریسک چقدر مؤثر است؟ آیا آن‌ها از نظر برنامه‌ریزی خوب، بهتر یا بدتر هستند؟	نظارت
در صورت عدم پذیرش یافته‌ها، چه اقدام اصلاحی انجام خواهد شد؟ آیا این اقدام به اندازه کافی نگرانی (ها) را برطرف می‌کند؟	اقدام اصلاحی

شکل ۷-۱- زنجیرهٔ عمومی رویدادهای منجر به تغییرات اکولوژیکی از فرار ماهی‌های تغییر یافته ژنتیکی. فقط رویدادهایی را نشان می‌دهد که می‌توانند منجر به آسیب شوند.



۴-۳-۷- در اوایل روند ارزیابی ریسک، کارشناسان و ذی‌نفعان مربوطه باید برای توصیف زنجیرهٔ نگرانی رویدادها، شناسایی و اولویت‌بندی خطرات و آسیب‌های موجود در زنجیره و توافق بر روی سطوح قابل قبول ریسک اقدام کنند.

این نتایج حاصل از مشورت بین کارشناسان مربوطه و ذی‌نفعان، مبنای مورد اعتماد اجتماعی را به تصمیم‌گیرندگان برای تخصیص منابع محدود به ارزیابی خطرات و آسیب‌های دارای اولویت بالاتر را می‌دهد. بنابراین بقیهٔ مراحل ارزیابی و مدیریت ریسک بر روی خطرات اولویت‌دار انتخاب شده متمرکز هستند (جدول ۷-۱) (۸۴).

۵-۳-۷- ارزیابی و مدیریت ریسک را بر روی نقاط نهایی قابل اندازه‌گیری برای خطرات اولویت‌دار متمرکز کنید.

ضروری است که با دقت نقاط نهایی قابل اندازه‌گیری برای تغییرات اکولوژیکی‌ای را که ذی‌نفعان

و تحلیل گران توافق کرده‌اند و نامطلوب است، انتخاب کنید (۸۵). سپس تحلیل گران ریسک می‌توانند بر برآورد احتمال و شدت آسیب برای هر نقطه نهایی متمرکز شوند (شکل ۷-۲). نقاط پایان ارزیابی ریسک (آنچه ارزیابی ریسک سعی در محافظت از آن دارد) باید برای هر خطر اولویت‌بندی شده در طول زنجیره رویداد مشخص شود (شکل ۷-۱). هنگامی که ارزیابی یک نقطه پایان مورد علاقه اصلی دشوار است، تحلیل گران ریسک باید نقاط پایان اندازه‌گیری (آنچه را که در واقع می‌توانند اندازه‌گیری کنند) را شناسایی و ارزیابی کنند که شاخص‌های علمی خوبی در مورد بروز یا عدم بروز آسیب اکولوژیکی خاصی هستند. به عنوان مثال اگر ماهی‌های گونه‌های وحشی تغییر یافته ژنتیکی که ذی‌نفعان توافق می‌کنند در یک سطح فراوانی خاص از آن محافظت کنند (نقطه پایانی ارزیابی)، ارزیابی تأثیرات بر زنده ماندن ماهیان بزرگتر وحشی (نقطه پایان اندازه‌گیری) آسان‌تر از پیش‌بینی تغییرات فراوانی کلی از گونه‌های وحشی است.

شکل ۷-۲- شماتیک ماتریس ارزیابی ریسک کیفی برای تخمین احتمال (محور عمودی) و شدت (محور افقی) آسیب. ارزیابی ریسک کمی به ارزیابی کیفی یا نیمه کمی ارجح است اما به داده‌های بیشتری نیاز دارد.

تکرار شونده				بالاترین ریسک
	کمترین ریسک			
احتمال آسیب				
تقریباً هرگز				
خیلی زیاد				شدت آسیب
خیلی کم				

توانایی ارائه پیش‌بینی‌های صادقانه و دقیق ریسک با افزایش طول زنجیره رویداد خطر به دلیل فعل و انفعالات فزاینده پیچیده بین ارگانیسم‌های تغییر یافته ژنتیکی و گونه‌های وحشی و زیستگاه‌های آن‌ها، کاهش می‌یابد.

بنابراین، عاقلانه است که با انتخاب نقاط پلانی ارزیابی که به وضوح مربوط به این نگرانی‌ها هستند (به جای دیرتر) در زنجیره‌های رویداد، یک تعادل دقیق بین واقعیت، پیچیدگی و نگرانی ذی‌نفعان برقرار شود. یک تیم بین‌رشته‌ای از متخصصان باید نقاط نهایی (ترجیحاً از طریق مشورت با چندین ذی‌نفع) را تعریف کرده و روش‌های ارزیابی مناسب و داده‌های موجود را شناسایی کند. تخصص مربوطه مورد به مورد متفاوت خواهد بود و در حالت ایده‌آل شامل زیست‌شناسان آبزیان و بوم‌شناسان و افرادی است که در روش‌های ارزیابی ریسک آموزش دیده‌اند.

۶-۳-۷- ارزیابی و مدیریت ریسک مورد به مورد

هر برنامه تولیدی می‌تواند ترکیب ژنتیکی و صفات موجودات زنده را تغییر دهد (فصل ۳ و ۴). هیچ روش بهبود ژنتیکی‌ای ذاتاً خطرات زیست‌محیطی بیشتر یا کمتر از سایر روش‌ها ندارد. در عوض، ریسک‌ها باید مورد به مورد، بر اساس ویژگی‌های سیستم تولید آبی‌پروری (به‌ویژه الگوهای آن و فراوانی فرار به طبیعت)، ارگانیسم‌های تغییر یافته ژنتیکی و اکوسیستم‌های بالقوه آسیب‌دیده ارزیابی شوند (۸۶).

۴-۷- ارزیابی اثرات ژنتیکی (۸۷)

جریان ژن از افراد تغییر یافته ژنتیکی به خویشاوندان وحشی، فرآیند مهمی است که از طریق آن ماهی‌های تغییر یافته ژنتیکی ممکن است بر جمعیت ماهی‌های وحشی تأثیر بگذارد. نگرانی‌های اصلی این است که آیا جریان ژن، منجر به ورود مجدد (تلفیق) طبقه‌بندی موجودات بهبود یافته ژنتیکی در ذخایر ژن وحشی می‌شود یا خیر و یا اینکه آیا این منجر به عواقب ژنتیکی و اکولوژیکی مضر می‌شود (شکل ۷-۱). ارزیابی‌کنندگان ریسک باید نقاط پایانی زنجیره‌ای از رخدادها را ارزیابی کنند که باید اتفاق بیفتد تا در نهایت به نفوذ^{۸۰} ژن دست پیدا کنند. آن‌ها می‌توانند این کار

را با تقسیم‌بندی ارزیابی به دو نقطه نهایی اصلی، ورود و نفوذ انجام دهند و تقسیم بیشتر این موارد به رویدادهای زیرمجموعه که ارزیابی آنها آسان‌تر از اصلاح^{۸۱} ورود یا نفوذ به سیستم به‌عنوان یک متغیر واحد است، صورت گیرد (۸۸).

پیش‌بینی احتمال و آثار ژنتیکی این حوادث نیاز به داده‌هایی در مورد چگونگی تغییر ژنتیکی بر تناسب^{۸۲} ماهیان پرورشی دارد (۸۹) و همچنین در صورت فرار ماهیان به محیط و مخلوط شدن با خویشاوندان وحشی در محیط، ممکن است این تناسب تغییر کند. همچنین داده‌های پایه‌ای خاصی در مورد خویشاوندان وحشی، مانند ساختار ژنتیکی جمعیت و توزیع مکانی مولدین، مورد نیاز است. جمع‌آوری داده‌های تجربی خاص موردی برای ارزیابی همه زیرمجموعه‌های جریان ژن می‌تواند یک کار دلهره‌آور باشد. برای کاهش نیاز به داده‌ها، تحلیلگران ریسک می‌توانند یک استراتژی گام‌به‌گام را تصور کنند که یک رویداد خاص منجر به ورود یا نفوذ، رخ خواهد داد (به جای به دست آوردن داده‌ها برای تخمین احتمال آن) و سپس به تخمین رویداد بعدی در زنجیره بپردازند (۹۰).

نفوذ ژنوتیپ‌های تغییر یافته به جمعیت‌های وحشی می‌تواند منجر به کاهش‌های زیادی در منابع ژنتیکی شود (شکل ۷-۱): تغییر فراوانی آلل‌های بومی، از دست دادن تمایز ژنتیکی، یا از دست دادن تنوع ژنتیکی در جمعیت وحشی آسیب‌دیده. نفوذ ژنی می‌تواند منجر به کاهش دگر آمیزی به دلیل اختلال در کمپلکس‌های ژنی با هم سازگار در جمعیت وحشی شود. این تغییرات ژنتیکی می‌تواند تناسب جمعیت‌های وحشی را کاهش دهد و توانایی انطباق آنها با تغییرات محیطی مانند تغییرات آب‌وهوایی یا تبدیل زیستگاه (به‌عنوان مثال از سدها یا سایر ساخت‌وسازها) را کاهش دهد. چنین ریسک‌هایی نگرانی ویژه‌ای برای جمعیت وحشی است که در حال کاهش یا در یک گونه مرکز منشأ است وجود دارد.

⁸¹ Treat

⁸² Fitness

۵-۷- ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی (۹۱)

تأثیرات جانداران اصلاح شده ژنتیکی ممکن است فراتر از آثار محتمل آن‌ها بر ژنتیک جمعیت‌های وحشی باشد. (تصویر ۷.۱) آثار زیست‌محیطی حتی در صورت عدم پیوند نژادی ماهی‌های پرورش‌یافته و جمعیت‌های وحشی نیز ممکن است، روی دهد. افزودن عنصری جدید به اکوسیستم می‌تواند موجب تغییر وضعیت اکوسیستم از حالت اولیه به حالتی جدید شود. هدف از ارزیابی خطرات زیست‌محیطی پیش‌بینی این نکته است که آیا ممکن است حالت جدیدی رخ دهد که تغییرات ناخواسته جمعی به‌عنوان مثال انقراض گونه‌ها، وفور جمعیت اصلاح شده و یا تغییر عملکردهای اکوسیستم را در پی داشته باشد.

ارزیابی پیش‌گويانه خطرات زیست‌محیطی باید شامل چهار مرحله باشد که بر یکدیگر بنا شده‌اند (۹۲):

(۱) خصوصیات حیاتی و غیر حیاتی اکوسیستم‌های دریافت‌کننده را که ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی بر روی آن‌ها تأثیر گذارند، مشخص کنید.

(۲) تغییرات صفات مورد نظر و ناخواسته ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی را با تمرکز بر تغییراتی که ممکن است موجب عوض شدن تعاملات آن‌ها با اکوسیستم شود، اندازه‌گیری کنید.

(۳) تعاملات پیش‌بینی شده بین ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی و اکوسیستم را تعیین کنید؛ تعاملاتی همچون رقابت مداخله‌ای با گونه‌های دیگری از ماهی‌ها و یا تغذیه از گیاهان آبی.

(۴) میزان و احتمال تأثیرات زیست‌محیطی را که نتیجه هرگونه تعاملات بین ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی و اکوسیستم است، تخمین بزنید.

در هر مرحله کارشناسان باید اطلاعات چندین منبع از جمله متخصصان و ذی‌نفعان مناسب را ادغام کنند؛ اطلاعات پایه در مورد اکوسیستم دریافت‌کننده بالقوه (به‌عنوان مثال از بررسی‌های میدانی)، و اطلاعات تجربی حاصل از آزمایش‌های مؤثر که شرایطی نیمه‌طبیعی را در بردارند (۹۳). کارشناسان ارزیابی خطرات باید با در نظر گرفتن منابع موجود و ناشناخته‌های فعلی درباره این ماهی‌ها، حصارى مناسب را برای ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی مشخص کنند.

حتی با وجود به کارگیری این رویکرد چهار مرحله‌ای اصولی، ارزیابی پیش‌گوینده خطر تأثیرات زیست‌محیطی امری پیچیده است و ابهامات بسیاری دارد.

ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی ممکن است در آزمایش‌های ارزیابی خطر متفاوت از محیط طبیعی رفتار کنند، به‌ویژه در اثر تعاملات ژنوتیپی محیط که ارزش نتایج اعمال شده در محیط‌های طبیعی را کاهش می‌دهد. مطالعاتی که برای به دست آوردن اطلاعات خاص درباره پیامدهای زیست‌محیطی انجام می‌شود، باید طیف گسترده‌ای از شرایط زیست‌محیطی را شبیه‌سازی کند که بتواند به‌خوبی نمایانگر اکوسیستم آبی بالقوه باشد.

۶-۷- تحلیل ابهامات (۹۴)

همه آزمایش‌های ارزیابی خطرات شامل ابهاماتی هستند. اعتبار آزمایش‌های ارزیابی خطر به شناسایی و بررسی منابع مختلف ابهامات بستگی دارد. بررسی ابهامات به معنی تجزیه و تحلیل، برطرف کردن و از بین بردن آن‌ها از طریق یک سری محاسبات و ملاحظات کلی ارزیابی خطر است. شناسایی اصولی و بررسی ابهامات می‌تواند در آگاهی از زمان مناسب اعمال روش‌های پیشگیرانه کمک کند (فصل ۱۱). انواع مختلفی از ابهامات در نتیجه مکانیسم‌های مختلف رخ می‌دهد و تحلیل‌گران خطر، روش‌های محاسباتی و کیفی مناسبی را برای شناسایی، بررسی و برقراری ارتباط هر نوع ایجاد کرده‌اند (۹۵). ایجاد ظرفیت و تجربه عملی در به کارگیری این روش‌ها برای ارزیابی خطرات ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی از اهمیت بالایی برخوردار است. افرادی که مسئول انجام آزمایش‌های ارزیابی خطرات زیست‌محیطی هستند، باید آموزش ببینند که:

- ابهامات را با کمک متخصصان و کارشناسان مناسب که درباره روش‌های مختلف بررسی و مشورت می‌کنند، شناسایی کنند؛

- ابهامات را با استفاده از روش‌های مناسب بررسی کنند و یا برای این کار از نیروی متخصص آموزش دیده کمک بگیرند؛

- نتایج حاصل از بررسی هر یک از ابهامات مشخص را دریافت کنند؛

- بررسی ابهامات را به روشی مطمئن و شفاف مطرح و گزارش کنند.

۷-۷- مدیریت خطرات اکولوژیکی

مدیریت خطر زیست‌محیطی به میزان قابل قبولی منجر به کاهش خطرات شناسایی شده می‌شود (۹۶). این امر می‌تواند شامل اقدامات محصور کننده و برنامه‌های نظارتی باشد. هنگامی که این ارزیابی، خطرات احتمالی اما قابل کنترل را شناسایی می‌کند، باید یک برنامه مدیریتی خطر به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از تکثیر ماهی‌های اصلاح شده ژنتیکی تهیه و اجرا شود. برنامه‌های مدیریت خطر باید مبتنی بر نتایج آزمایش‌های ارزیابی خطر باشد، به این صورت که روی خطرات اولویت‌بندی شده، تمرکز شود و از نظرات به اشتراک گذاشته شده در میان کسانی که در ارزیابی شرکت کرده‌اند، پشتیبانی شود.

۷-۷-۱- محدود کردن موجودات تغییر یافته ژنتیکی (۹۷)

هیچ‌یک از روش‌های محصور کننده ۱۰۰ درصد مؤثر نیستند، بنابراین مسئولان خطر، باید در به کارگیری اقدامات چندگانه و تقویت‌کننده حصارها، بهترین شیوه‌های مدیریتی را برای محصور کردن در نظر بگیرند (۹۸). ممکن است برای کاهش گریزها از یک سیستم آبی‌پروری به سطوح مناسب، روش‌های مختلفی از محصور کردن لازم باشد. اقدامات محصور کننده می‌تواند بر جلوگیری از گریزها یا کاهش تأثیرات گریزها در صورت بروز، متمرکز شود. به‌عنوان مثال به کارگیری موانع فیزیکی، دما یا کشنده آب‌ها، موانع ماشینی، توری‌های فلزی، موانع جغرافیایی. برای مثال، برای پیشگیری از گریزها می‌توان پرورش گونه‌ای از گیاهان دریایی را در سیستم‌های دریایی محصور (فصل ۹) به کار گرفت. موانع بیولوژیکی مانند تری‌پلویدی‌های القا شده که عملاً موجب عقیمی جمعیت بالغ برخی گونه‌های ماهی‌ها می‌شوند، می‌تولند برای کاهش روند تکثیر طبقه‌بندی (که موجب کاهش خطرات ژنتیکی می‌شود) و استقرار جمعیت (که موجب کاهش خطرات زیست‌محیطی می‌شود) مورد استفاده قرار گیرد. اما عقیم‌سازی، همه خطرات زیست‌محیطی را برطرف نمی‌کند. ماهی عقیم شده فراری هنوز هم می‌تواند بر سر منابع محدود با دیگر ماهی‌ها به رقابت بپردازد و یا درگیر معاشرت و تخم‌ریزی شود و پرورش و تولیدمثل جمعیت‌های وحشی را مختل کند (۹۹).

۲-۷-۷- نظارت بر حضور و آثار اکولوژیکی موجودات زنده تغییر یافته

ژنتیکی (۱۰۰)

بهترین راه برای تشخیص نسل تغییر یافته و علائم اولیه تغییرات اکولوژیکی ناخواسته، از طریق طراحی یک برنامه نظارتی و پایش (Monitoring) خوب است که از طریق روش‌های نمونه‌برداری از انواع زمینه‌های شیلاتی با استفاده از تکنیک‌های آماری انجام می‌شود. از نشانگرهای ژنتیکی مبتنی بر DNA برای بررسی و شناسایی خصوصیات و صفات تغییر یافته ژنتیکی استفاده می‌شود. بررسی و مانیتورینگ باید به منظور شناسایی در یک یا چند مرحله و در سطوح اکولوژیکی متفاوت به شرح ذیل طراحی شود:

- ۱- ظهور خصوصیات و صفات تغییر یافته ژنتیکی در اکوسیستم؛
 - ۲- ظهور نوزادان هیبریدی نسل اول (از تولید موفق بین نسل تغییر یافته و نژادهای بومی)؛
 - ۳- ظهور نوزادان هیبریدی نسل دوم (از تولید موفق بین هیبریدهای نسل اول و نژادهای بومی)؛
 - ۴- ظهور خصوصیات و صفات تغییر یافته ژنتیکی در تمام مراحل زندگی؛
 - ۵- تغییر جمعیت بین صفات تغییر یافته ژنتیکی و صفات نسل مادری (بومی)؛
 - ۶- تغییر در تعداد گونه‌های آبی بومی و فراوانی نسبی آن‌ها.
- نقطه پایانی ۱-۵ که ممکن است بعد از ورود ماهی‌های تغییر یافته ژنتیکی به یک اکوسیستم در طی یک تا چند نسل رخ دهد، اجازه می‌دهد تا نسبتاً سریع آثار اکولوژیکی شناسایی شود. تشخیص این نقاط پایانی آسان‌تر و سریع‌تر از بررسی تغییرات سطح جامعه در ترکیب گونه‌هاست (پایان نقطه ۶). آخرین نقطه در نسل‌های زیادی طول میکشد تا آشکار شود و تشخیص آن سخت‌تر است و همچنین می‌تواند ناشی از سایر خطرات (به‌عنوان مثال آسیب زیستگاه) باشد. تشخیص آثار آن به دلیل تغییرات ژنتیکی موجودات زنده دشوار است. به‌عنوان مثال، تشخیص نسبتاً سریع تغییر ژنتیکی ماهی در تمام مراحل زندگی در یک منطقه نظارت شده (پایان نقطه ۴) نشانگر این است که این خصوصیات به میزان کافی تولید می‌شوند تا با گونه‌های دیگر به‌طور گسترده ارتباط برقرار کنند.

به زمان طولانی و نظارت و پایش پیچیده‌تر نیاز است تا بتوان تعامل بین ماهیان تغییر ژنتیکی یافته و سایر گونه‌ها منتهی به تغییرات ناخواسته در ترکیب جامعه ماهی را تعیین کرد (پلیان نقطهٔ ۶).

نظارت اولیه می‌تواند پاسخ‌های چاره‌ساز (یا برنامه‌های احتمالی در فصل ۱۱) را در اولین نقطهٔ ممکن انجام دهد. پاسخ‌های چاره‌ساز ممکن است شامل بهبود اقدامات قرنطینه کردن، نابودی ماهی‌های تغییر ژنتیکی یافته نسبت به ماهی‌های بومی (بفندرت امکان‌پذیر و احتمالاً بسیار پرهزینه) و محدود کردن استفاده بیشتر از ماهی‌های تغییر ژنتیکی یافته در آبی‌پروری باشد. تصمیم‌گیرندگان باید بفهمند که رفع عوارض اکولوژیکی مضر در زمانی که گسترده شده‌اند بسیار دشوار و پرهزینه است. نظارت (پایش) همچنین می‌تواند نتیجه‌گیری از ارزیابی خطر از ایمنی اکولوژیکی را تأیید کند. یک برنامه نظارت (پایش) باید احتمال بالایی برای تشخیص تغییرات داشته باشد که درواقع با استفاده از عبارات مناسب طرح‌های نمونه‌گیری، ابزارهای علمی و تجزیه و تحلیل داده‌ها رخ می‌دهد (۱۰۱).

۸-۷- محدودیت‌ها و فرصت‌ها

ارزیابی ریسک اکولوژیکی و مدیریت ماهی‌های تغییر ژنتیکی یافته پیچیده است و منابع قابل توجهی را طلب می‌کند. روش‌شناسی در حال تحول است و تجربهٔ عملی نسبت به آن‌ها محدود است (۱۰۲). نیاز به ایجاد ظرفیت نیروی انسانی و سازمانی گسترده است. نیازهای اصلی به شرح ذیل می‌باشد:

- شکاف‌های اصلی را بر اساس پایهٔ اکولوژیکی و داده‌های ژنتیکی و بهبود دسترسی به مراکز داده‌های موجود پر کنید.

- روش‌های قابل استفاده برای ریسک اکولوژیکی ارزیابی و مدیریت ماهی تغییر ژنتیکی یافته را بیشتر توسعه دهید.

- توسعهٔ برنامه‌های پیشرفتهٔ آموزش ارزیابی ریسک برای نیاز افراد مجری فرآیندهای ارزیابی ریسک (مدیران، دانشمندان، تسهیل‌کننده‌ها) و همچنین برای کمک به سیاست‌گذاران در درک پیامدها که می‌توانند در تصمیم‌گیری‌ها آگاه شوند.

- همکاری‌های بین‌المللی برای انجام ریسک مطالعات ارزیابی در شرایط نیمه‌طبیعی و محدود تقویت شود.

- چهارچوب‌های سازمانی مورد نیاز برای مدیریت تصمیم‌گیری و ریسک‌های مربوطه در این زمینه تقویت شوند.

- ارتقای شبکه در میان مؤسسات مربوطه و همین‌طور برنامه‌های همکاری بین‌المللی برای رفع نیازهای مذکور.

تلاش برای رفع این نیازها همچنین به حفظ تنوع زیستی آبی و توسعه مسئولانه آبی‌پروری کمک خواهد کرد. داده‌های اولیه بهتر در مورد اجزای اصلی جوامع ماهی طبیعی (به‌عنوان مثال تنوع ژنتیکی جمعیت‌های بومی و عوامل مؤثر بر ترکیب گونه‌ها) می‌تواند در اولویت‌بندی تلاش‌ها در حفاظت از تنوع زیستی آبیان، آگاهی از طراحی مناطق آبی‌پروری و مناطق حفاظت‌شده کمک کند (فصل ۹) و راهبردها برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوا در بخش شیلات اطلاع‌رسانی شود.

نگرانی‌های دیگر در مورد تأثیرات اکولوژیکی آبی‌پروری (مانند افزایش گونه‌های خارجی و غیربومی رهاسازی پساب) و سایر فعالیت‌های توسعه (به‌عنوان مثال ساخت سد) نیاز به چهارچوب‌های ارزیابی ریسک سیستماتیک و بعضی روش‌های مشابه دارد.

بنابراین، روش‌ها و برنامه‌های آموزشی وسیع و قابل استفاده، ارزیابی ریسک اکولوژیکی را در بخش آبیان در کل ارتقا می‌دهد.

۹-۷- نتیجه‌گیری

ارزیابی ریسک اکولوژیکی ماهی اصلاح شده از نظر ژنتیکی قبل از انتشار و نظارت اکولوژیکی پس از انتشار، برای دستیابی به فواید گسترده بدون تضعیف حفظ تنوع زیستی آبیان ضروری است.

رویکردهای ارزیابی ریسک سیستماتیک به سیاست‌گذاران این توان را می‌دهد تا منابع محدود را برای ارزیابی ریسک در بالاترین موضوعات و اولویت‌ها قرار دهند.

تکنیک‌های علمی مناسب باید در بحث‌های چندمنظوره لحاظ گردد. این امر می‌تواند در خصوص

ریسک‌ها و خطرات اولویت‌ها مورد توافق قرار گیرد، از قبیل استفاده از مرتبط‌ترین دانش موجود، تست‌های تمرکز و جمع‌آوری داده‌ها در پر کردن مهم‌ترین شکاف اطلاعات، استفاده از تجزیه و تحلیل عدم اطمینان برای بهبود کیفیت نتیجه‌گیری، و بهبود درک مسائل و اعتماد اجتماعی به فرآیند ارزیابی و نتیجه‌گیری ریسک. طراحی نظارت و پایش خوب برای تشخیص زودهنگام علائم آثار ناخواسته ماهی تغییر ژنتیکی یافته در اکوسیستم‌های طبیعی ضروری است. باوجوداین، نظارت مؤثر پیچیده است و نیاز به توجه قابل توجهی دارد، از قبیل تخصص فنی و تعهد بلندمدت. ارزیابی و مدیریت ریسک تلاشی پیچیده است و در آبی‌پروری از آن استفاده زیادی نشده است. با توسعه و افزایش آبی‌پروری و استفاده از ارگانیسم‌های اصلاح شده ژنتیکی، نیاز به اقدامات فوری برای خالص‌سازی و اعمال ریسک وجود دارد. فرآیندهای تجزیه و تحلیل شامل دانشمندان، مباحث چندمنظوره و سازمان‌های نظارتی دولت است.

ارزیابی و مدیریت ریسک فعال می‌تواند به هدایت آبی‌پروری، به‌ویژه، به گونه‌های اصلاح شده ژنتیکی کمک کند و این از طریق حفاظت از طبیعت و در نهایت پرورش ماهی موفق حاصل می‌شود.

۸- صید بر پایه آبی پروری (۱۰۳)

۸-۱- اصول عمومی

اجرای دستورالعمل صید بر پایه آبی پروری (CBF)^{۸۳} با هدف حفظ و ذخیره سازی بچه ماهیان پرورش یافته^{۸۴} / مولدینی است که در آبی پروری مورد استفاده قرار می گیرد. مواد اولیه در آبی پروری عبارتند از آبزیانی که مراحل اولیه حیات (لاروی) خود را گذرانده اند، اما در برخی از موارد ممکن است این اصطلاح برای ماهیان جوان و بالغ شده نیز استفاده شود. بر اساس اصلاحات پیشنهادی یک گروه بین المللی که در زمینه شیلات در نواحی ساحلی فعالیت می کنند، سه مدل خطمشی برای ایجاد صید بر پایه آبی پروری (CBF) ارائه شد و پیشنهادهای آنها عبارتند از:

خطمشی

- ۱- تولید گروه هایی از آبزیان که ذخیره سازی آنها با هدف افزایش تولیدمثل و تکثیر با گونه های بومی و بازسازی ذخایر آنها در آن منطقه صورت می گیرد.
- ۲- ذخیره سازی باهدف تولید گونه های جدید و غیربومی و نه تکثیر با گونه های بومی انجام شود. بنابراین ایجاد ذخیره جدید برای برداشت.
- ۳- ذخیره سازی بدون در نظر گرفتن اهداف تولیدمثلی و تکثیر.

پیشنهادهای

- استفاده از ذخیره سازی مجدد: رهاسازی جوانان پرورش یافته در جمعیت های وحشی با هدف احیا و بازگرداندن بیوماس تولید تخمی که از بین رفته و ارتقای آن به سطحی که بتوانیم چرخه تولید منظم از دریا و برداشت پایدار داشته باشیم.
- بازسازی ذخایر: رهاسازی بچه ماهی پرورش یافته در جمعیت های وحشی طبیعت (منابع آبی) با هدف تولید طبیعی ماهیان وحشی و بهینه سازی سطح برداشت در طبیعت با غلبه

⁸³Culture- based fisheries

⁸⁴material

- بر محدودیت‌های بازسازی که منجر به گله‌داری دریایی خواهد شد.
گله‌داری دریایی: رهاسازی بچه‌ماهی پرورش‌یافته طبیعی در محیط‌های دریایی، مصب‌ها به منظور برداشت ماهیان بزرگتر و اجرای عملیات تکثیر و پرورش در نواحی ساحلی.
بنابراین به منظور مدیریت مؤثر منابع ژنتیکی در بازسازی ذخایر، ضروری است که اهداف اجرایی و عملیاتی که در بالا شرح آن رفت، مشخص شود. این مسئله حاکی از آن است که اجرای این دستورالعمل‌ها مغایر با موضوع مدیریت مؤثر منابع ژنتیکی و مجزا از آن نیست. به عنوان مثال اجرای الگوی سوم ممکن است منجر به تولیدمثل شود که این مسئله جز اهداف اصلی در اجرای (CBF) نبوده اما ضرورت دارد که مسئله ارزیابی ریسک آن مدنظر گرفته شود؛ چراکه موفقیت در (CBF) وابسته به مسائل اجتماعی، اقتصادی و بوم‌شناختی است که به اجرا گذاشته می‌شود. استفاده از تفریخگاه‌ها به منظور حمایت از صنعت شیلات یک تاکتیک مدیریت شیلاتی است که باید در برنامه‌های مدیریت کلان شیلات و مدیریت منابع آب تلفیق شود.
رهاسازی آسان موجودات زنده در منابع آبی بدون پیش‌بینی و در نظر نگرفتن مدیریت منابع، کنترل ماهیگیران و اقدامات ماهیگیری و عدم حفاظت از زیستگاه‌های آبی موفقیت‌آمیز نخواهد بود. دستورالعمل مزبور بر مدیریت منابع ژنتیکی با تأکید بر (CBF) ارائه شده است.

۲-۸- برنامه مدیریت منابع ژنتیکی با هدف صید بر پایه آبی‌پروری

در مباحث مدیریت شیلاتی اغلب بهره‌برداری از موجودات پرورش‌یافته در تفریخگاه‌ها منجر به افزایش تولیدات شیلاتی نمی‌شود؛ چرا که اغلب پرورش‌دهندگان ماهیان جوانی را که در این مراکز (هچری‌ها) به دست می‌آید در محیط‌های وحشی و کاملاً متفاوت جهت تداوم حیات رهاسازی می‌کنند (فصل سوم).
ماهیان اهلی که با مصرف رژیم غذایی خاص (فرموله شده) و دفعات غذادهی منظم در محیط سازگار شده‌اند، نمی‌تواند در زیستگاه‌های طبیعی حیات خود زنده بماند. بنابراین، تدوین برنامه مدیریت منابع ژنتیکی برای صید بر پایه آبی‌پروری از برنامه‌های اصلاح‌نژاد و بهبود منابع ژنتیکی (ارائه شده در فصل ۶-۴) بسیار متفاوت‌تر و ضروری

است. برنامه‌های عمومی مدیریت که در ادامه به آن اشاره خواهد شد برای سه الگوی اصلی (CBF) ارائه شده است.

۱-۲-۸- صید بر پایه آبرزی پروری به منظور تکثیر و تولیدمثل ذخایر با گونه‌های بومی

وقتی هدف از (CBF) بازسازی ذخایر یا افزایش تولیدمثل طبیعی جمعیت گونه‌های محلی (بومی)^{۸۵} باشد، تلاش مدیریت منابع ژنتیکی می‌بایست بر مبنای احیای سطح طبیعی تنوع ژنتیکی در مواد ذخیره شده صورت گیرد. محیط‌زیست هجری‌ها باید تا حد ممکن طبیعی بوده و عاری از فشار گزینش مصنوعی باشد که این امر مستلزم انتخاب درست از نژادها به منظور ذخیره‌سازی و اصلاح روش‌های نگهداری در هجری‌ها با استفاده از تکنیک‌های خاص است که در پی آن گزینش مصنوعی یا سهوی به حداقل می‌رسد.

۱-۲-۸-۱- انتخاب ذخیره مناسب

ذخایر انتخاب‌شده باید متنوع بوده و از تنوع ژنتیکی جمعیت‌های طبیعی برخوردار باشد، که این مهم با استفاده از مولدین وحشی پرورشی محقق خواهد شد. چنانچه کمبود ذخیره مولدین وحشی داشته باشیم، مثلاً جمعیت‌های طبیعی وحشی در معرض خطر انقراض بوده و یا در منطقه‌ای منقرض شده باشند، به منظور شناسایی میزان ذخایر موجود باید از نمونه‌های ژنتیکی بسیار مشابه یا از این‌دست که در بالا شرح آن رفت استفاده شود (ذخایر ژنتیکی) _ که در این حالت داده‌های ژنتیکی لازم جهت شناسایی ذخیره ژنتیکی در دسترس نیست. بدین منظور می‌توان از اطلاعات جایگزین در خصوص آن ذخیره ژنتیکی نظیر انتخاب ذخیره‌ای که تاریخچه زیستی، رشد، رنگ، شکل و رفتار مشابه با نمونه وحشی است، از زیستگاه طبیعی (بدنه منابع آبی یا جریان خاصی از آب مثلاً شاخه فرعی آن منبع آبی) استفاده کرد. همچنین باید از انتقال ذخایر

⁸⁵local species

بین حوزه‌های آبخیز مختلف و یا نقاط اکولوژیک جلوگیری شود. بدین منظور بر اساس آنچه در فصل سوم این کتاب ارائه شده است، باید مدیریت ذخایر و عوامل بهینه مؤثر بر اندازه جمعیت و کاهش رانش ژنتیکی در ماهیان آماده جفت‌گیری را به کار گرفت. به منظور توسعه چرخشی برنامه‌های اصلاح نژاد و تولید در آبی‌پروری اجرای برنامه‌های بلندمدت، رهاسازی بچه ماهیان موجود در تفریخگاه‌ها به محیط‌های وحشی با هدف بازسازی ذخایر سیار مطلوب است؛ چراکه ذخایر جدید تولید شده جایگزین نمونه‌های رهاسازی شده در تفریخگاه‌ها می‌شوند. بازده زمانی اجرای این برنامه و میزان دسترسی به مولدین در طبیعت از عوامل موفقیت در این طرح به شمار می‌رود، مثلاً برای گونه‌هایی که یکبار در سال تخم‌ریزی می‌کنند، مانند ماهی آزاد اقیانوس آرام^{۸۶} و یا به منظور دستیابی به حداکثر میزان تخم تولید شده (لقاح تخم) کشتن مولدین لازم است، نظیر ماهیان خاویاری، اجرای این چرخش میسر نیست.

۲-۱-۲-۸- انتخاب روش‌های مناسب تفریخ

ماهیانی که برای نگهداری کوتاه‌مدت در هچری‌ها انتخاب و سازگار می‌شوند، هنگام اجرای برنامه‌های بلندمدت و به‌گزینی ماهیان بر اثر شرایط حاکم بر مدیریت بیشتر تحت فشار قرار می‌گیرند (فصل ۳). مکانیزم طراحی هچری‌ها باید به نحوی باشد که وقتی هدف هچری افزایش بقا و یا تولید مولد وحشی است، به‌گزینی و هدف اهلی‌سازی گونه‌های بومی کاهش یابد. بدین منظور دستورالعمل‌ها و پروتکل‌های مربوط به اصلاح‌نژاد با هدف کاهش میزان هم‌خونی و تنوع ژنتیکی در فصل سوم این کتاب ارائه شده است.

امکانات لازم در هچری‌ها به منظور کاهش به‌گزینی مصنوعی عبارتند از:

- تأمین غذای زنده؛ در صورت امکان از طبیعت به جای مصرف غذای فرموله شده (غذای دستی).
- تأمین زیستگاه‌های طبیعی با استفاده از سنگ‌ریزه‌ها، گیاهان و پناهگاه‌های طبیعی به جای مخازن استیل و استخرهای آبراهه‌ای.

- ایجاد محدودیت برای انجام صید برای شکارچیان و آموزش برای جلوگیری از شکار شدن.
- نور طبیعی / استفاده از چرخه تاریکی و روشنایی.
- رهاسازی ماهیان جوانی که با شرایط تفریخگاهها سازگار نشده‌اند به محیط طبیعی؛ اگرچه این مسئله باید برای ماهیان مسن‌تر که امکان بقای بیشتری در طبیعت دارند، ارزیابی شود.
- با هدف دسترسی به حجم بالایی از تخم تولید شده، ماهیان مولدی را که در کل فصل تخم‌ریزی می‌کنند (ماهیان دارای تخم‌ریزی مکرر در فصل تکثیر هستند) جمع‌آوری کنید.
- حتی با هدف جفتیابی و تولیدمثل نبلید انتقال ماهیان موجود در هچری‌ها به حوزه‌های آبخیز و یا مناطق مختلف صورت گیرد.

۲-۲-۸- صید بر پایه آبرزی پروری به منظور تکثیر و تولیدمثل ذخایر با یکدیگر و نه با گونه‌های بومی

این امر زمانی می‌تواند عملیاتی شود که برای ماهیان ذخیره شده بر مبنای اصل (CBF) برای گونه‌های محلی استراتژی‌های متفاوت تولیدمثلی در نظر گرفته شود؛ چراکه گونه‌های بومی بسیار متنوع بوده و یا حتی اگر دو یا چندگونه مشابه هم باشد از الگوهای رفتاری و مهاجرتی خاص خود در تولیدمثل تبعیت می‌کنند، مثلاً هریک از گونه‌ها شیوه‌های متفاوتی را برای انتخاب همسر و جفت‌گیری بر می‌گزینند.

نمونه معمول این مسئله، ذخیره‌سازی منظم گونه‌های خاص یا نژادهای خاص مانند ماهی آزاد بر مبنای اصل (CBF) است. بنابراین، اگر ماهیان بارور به منظور تکثیر رهاسازی شوند انتظار می‌رود که جمعیت‌های خودپایدار بیشترین میزان رشد را داشته و ضرورت ادامه روند ذخیره‌سازی نادیده گرفته شود.

رهاسازی زنده ماهیان غیربومی که توانایی تولیدمثل دارند، ریسک‌پذیرترین شیوه بازسازی ذخایر به شمار می‌رود (فصل ۷). به کارگیری چنین راهکاری در بازسازی ذخایر نیازمند داشتن اطلاعات بالایی از ژنتیک و تاریخ طبیعی گونه یا ذخیره مورد نظر است. حتی در این حالت نیز ممکن است

ویژگی‌ها و رفتارهای طبیعی یک‌سویه در مواجهه با محیط تغییر کند. راهکارها و دستورالعمل‌های معرفی مسئولانه گونه‌های غیربومی در محیط جدید در فصل پنجم این کتاب ارائه شده است (۱۰۴). با فرض رعایت و پیروی از این دستورالعمل‌ها و اینکه بازسازی ذخایر بر مبنای گونه‌های غیربومی به‌عنوان گزینه مدیریتی قابل قبول تعریف شده باشد، انتخاب ذخیره مورد نظر باید بر مبنای خصوصیات رفتاری الگوهای مهاجرتی گونه انتخابی نظیر مهاجرت زمانی و مکانی، میزان منابع ژنتیکی آن گونه و اقدامات مدیریتی لازم برای به‌گزینی Ne و جلوگیری از اهلی‌سازی باشد (فصل سوم را ملاحظه کنید).

۳-۲-۸- صید بر پایه آبرزی پروری با هدفی غیر از تکثیر و تولیدمثل

در بسیاری از برنامه‌های بازسازی ذخایر هدف تکثیر و افزایش جمعیت گونه‌های خودپایدار نیست. در این شرایط برنامه‌های مدیریت منابع ژنتیکی باید در جهت بهینه‌سازی بهره‌وری و کاهش آثار منفی آن‌ها در محیط باشد. تولید ماهی عقیم بهترین روش برای کاهش احتمال تغییرات ذخایر و تکثیر مولد گونه‌های محلی است. مثلاً تولید ماهیان تری‌پلوئید و افزودن یک کروموزوم، یکی از متداول‌ترین روش‌های تولید ماهی عقیم می‌باشد. ایجاد ماهیان تری‌پلوئید با استفاده از دما، فشار و یا تیمارهای شیمیایی به سلول‌های جنسی در حال رشد ماهیان برای بسیاری از گونه‌های آبریان مانند صدف، ماهی آزاد و قزل‌آلا قابل دستیابی است. درحالی‌که اجرای این روند در مقیاس تجاری برای سایر گونه‌ها نظیر تیلاپیا دشوار است. رهاسازی گونه‌های تک‌جنس^{۸۷} شیوه‌ای است که احتمالاً می‌تواند منجر به کاهش تولیدمثل شود. تولید گروه‌های مونوسکس را می‌توان با استفاده از دستکاری ژنتیکی، مصرف هورمون‌های جنسی در زمان مناسب ایجاد کرد. ترکیب تری‌پلوئیدی ناشی از تولید جمعیت‌های تک‌جنس احتمال تکثیر و تولیدمثل ناخواسته را بیشتر کاهش می‌دهد. برای حصول اطمینان از اینکه روند تکثیر در هچری‌ها به‌خوبی انجام می‌شود (مثلاً تمام جمعیت‌های تولید شده تری‌پلوئید بوده یا ترکیب جنسی مورد نظر حاصل شده است) نظارت بر فرایند بازسازی و ذخیره‌سازی ضروری است. همچنین کنترل تکثیر و پرورش با کنترل تلاش صیادی و انتخاب زیستگاه مناسب ذخیره‌سازی امکان‌پذیر است. برنامه مدیریتی کوتاه‌مدت بازسازی ذخایر و تکثیر ماهیان ساکن در بدنه آبی غالباً در محیط‌های خشک، محصور و به دور از

⁸⁷Mono sex

زیستگاه‌های مهم و یا در نواحی که فشار حداکثری صید (۱۰۰٪) وجود دارد، انجام می‌شود. اما استفاده از این شیوه همواره نقش بازدارنده ۱۰۰٪ در تکثیر و تولیدمثل ندارد؛ چراکه این امکان وجود دارد که برخی از ماهی‌ها به سایر نقاط وارد شده و مجدداً تکثیر شوند. بنابراین در این حالت استفاده از ماهیان عقیم به منظور کاهش احتمال تولیدمثل مؤثرتر است.

۳-۸- نظارت، ارزیابی و ارائه گزارش

از آنجایی که در مباحث شیلاتی نظارت بر بازسازی ذخایر بسیار مهم است و برای اینکه ذخیره‌سازی این گروه از آبزیان قابل تشخیص باشد، استفاده از برنامه‌های نشانه‌گذاری در مراکز تکثیر در بسیاری از نقاط جهان با هدف بررسی کارایی تفریخگاه در پیشبرد برنامه‌های بازسازی ذخایر مورد استفاده قرار می‌گیرد. نشان‌گذارهای فیزیکی می‌توانند میزان پیشبرد اولیه را مشخص کنند، اما اگر ماهیان ذخیره شده در طبیعت تولیدمثل کنند، فقط نشانگرهای ژنتیکی می‌توانند میزان مشارکت هجری‌ها را در فرایند مزبور برای نسل‌های آتی مشخص نمایند. اما گاهی اوقات، افزایش فراوانی گونه‌های ذخیره شده در تفریخگاه‌ها تعیین‌کننده میزان مشارکت هجری‌ها در صنعت شیلات هستند که باعث می‌شود تغییر مطلوب در محیط‌زیست یا مدیریت بهتر صید و صیادی به‌طور طبیعی افزایش یابد. بعلاوه، برخی موارد حاکی از آن است که ذخیره‌سازی ماهیان موجود در هجری‌ها ذخیره ماهیان محلی را تغییر می‌دهد که باید از بروز چنین حالتی جلوگیری شود. از دلایل دیگر انجام چنین عملی ایجاد تمایز بین ذخایر ماهیان وحشی و ماهیان موجود در تفریخگاه‌هاست که یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های مدیریت ذخایر به شمار می‌رود. توسعه نقاط مرجع (فصل ۱۱) یکی از روش‌های احتیاطی جهت دستیابی و توسعه بازسازی ذخایر به شمار می‌رود. هدف از تعریف نقاط مرجع عبارت است از معرفی و دسترسی به مزارع مطلوب آبی‌پروری با حداقل رساندن محدودیت‌ها، به منظور جلوگیری و نظارت منظم بر اجرای ضوابط و اهداف در نقاط مرجع، ارزیابی ریسک و اندازه‌گیری موفقیت آن‌ها باشد (به فصل ۱۱ مراجعه کنید). در مراکز تکثیر که رهاسازی موجود زنده با هدف تکثیر و حمایت از بازسازی ذخایر صورت می‌گیرد، احتمالاً جمعیت‌های خودپایدار توسعه یافته و در نتیجه می‌توان نیاز به ذخیره‌سازی آن‌ها را نادیده گرفت. توجه به این موضوع غالباً در برنامه‌های بهبود ژنتیکی گونه‌های در معرض خطر با ترکیبی از مدل‌های توسعه زیستگاه‌ها و اصلاح مقررات صورت می‌گیرد. نظارت و توضیح صادقانه این

نکته برای ذی‌نفعان از این جهت اهمیت دارد که «آیا ذخیره‌سازی بیشتر پس از حضور جمعیت‌های خودپایدار در محیط ضروری الزامی است یا خیر». فائو وظیفه جمع‌آوری آمار تعداد و گونه‌های رهاسازی شده در آب‌های آزاد مشتمل بر منابع آبی طبیعی و نیمه‌طبیعی نظیر آب‌های پشت سدی و مدیریت سایر آب‌ها نظیر کشتزارها (مزارع برنج) را بر عهده دارد. بنابراین به منظور ارزیابی عملکرد و مشارکت نقش بازسازی ذخایر در تولیدات شیلاتی جهانی و ملی مدیران هیچری‌ها می‌بایست اطلاعات جامع و بهنگام در مورد میزان رهاسازی با هدف بازسازی ذخایر را در برنامه‌های آماری ملی خود قرار داده و به منظور توسعه راهبردی برنامه‌های فائو به آن‌ها ارائه دهند.

۹- حفاظت از منابع ژنتیکی ماهیان وحشی و آبی پروری (۱۰۵)

۹-۱- مقدمه

به اتفاق آراء، قانون حفاظت از منابع ژنتیکی در دولت‌ها به رسمیت شناخته است که در این فصل به چگونگی بهره‌برداری از منابع ژنتیکی ماهیان وحشی (FiGR⁸⁸) در آبی پروری با تأکید بر حفاظت از آن‌ها اشاره می‌شود. ماهیان وحشی زیر مجموعه‌ای بسیار ارزشمند از منابع ژنتیکی ماهیان هستند که در تولیدات و تحقیقات مرتبط با آبی پروری در دسترس قرار دارند. منابع ژنتیکی ماهیان وحشی در طبیعت آزادانه زندگی می‌کنند و با حداقل دستکاری انسان‌ها زندگی آن‌ها تغییر می‌کند. بنابراین، دستیابی به جمعیت‌های وحشی دستکاری نشده بسیار دشوار است (بخش ۲-۹ را ملاحظه کنید). وحشی یک عبارت نسبی است؛ چراکه تغییرات محیطی در امکان دسترسی به این گونه جمعیت‌ها نقش بسزایی دارد.

مثل تمامی منابع ژنتیکی ماهیان وحشی مورد استفاده در آبی پروری شامل DNA، ژن، گامت‌ها، ارگانیزم‌ها و جمعیت‌های مجزا می‌شود. (فصل ۱). اگرچه در این قانون صراحتاً تعریفی از منابع ژنتیکی وحشی نشده است، در تمام مراجع آن به تنوع زیستی، پرورش ذخیره (ذخیره‌سازی)، منابع آبی زنده، تنوع ژنتیکی، ذخایر وحشی، بازسازی ذخایر ژنتیکی حساس و مدیریت آن‌ها نظیر (حفاظت و استفاده پایدار از آن‌ها) و مراقبت از زیستگاه‌ها اشاره شده است. هدف از این فصل تهیه دستورالعمل و ضوابط آبی پروری است تا با به کارگیری قوانین آبی پروری مسئولانه و حفاظت از منابع ژنتیکی وحشی در صورت لزوم به بهبود شرایط و احیاء آن‌ها کمک کرد.

۹-۲- منابع ژنتیکی ماهیان وحشی

اصطلاح وحشی در آبیان عبارت از کیفیت خاصی است که طبیعت شناسان و متخصصان حفاظت از طبیعت نظیر ماهیگیران تجاری و ورزشی و مصرف‌کنندگان آن‌ها، آن را مطرح کرده‌اند. در حقیقت با کاهش و در معرض خطر قرار گرفتن ذخایر وحشی آبیان و جمعیت‌هایی از ماهیان که

⁸⁸Wild Fish Genetic resource

آزادانه در طبیعت زندگی می‌کنند به علت صید و صیادی، کمبود زیستگاه و تغییرات زیست محیطی با کاهش تنوع ژنتیکی جمعیت‌های آبزیان و تنوع زیستی مواجه است. اگر مدیریت آبزیان در مناطق حفاظت شده بیشتر شود، این نواحی کمتر تحت تأثیر نقاط طبیعی کمتر حفاظت شده پیرامون خود قرار می‌گیرند.

بسیاری از جمعیت‌های خودپایدار^{۸۹} آبزیان، ماهیانی هستند که از مخازن آبی پروری و یا از آکواریوم‌ها فرار کرده‌اند، نظیر جمعیت‌های گونه‌های غیربومی و بومی که بر اساس الگوی ذخیره‌سازی هدفمند مورد استفاده قرار می‌گیرند. آن گروه از ماهیانی که از ماهیان وحشی جمع‌آوری شده‌اند و یا به لحاظ ژنتیکی بسیار به ماهیان وحشی شباهت دارند، در گروه منابع ژنتیکی ماهیان وحشی قرار دارند. آن دسته از ماهیانی که در مراحل مختلف اهلی‌سازی قرار دارند، نظیر سویه‌های مختلف، دورگه‌ها^{۹۰} و دیگر نژادها، اشکال مختلف ماهیان تغییریافته ژنتیکی ماهیان وحشی را در بر می‌گیرند. ماهیان وحشی مشابه دام‌های وحشی‌ای هستند که از مزارع یا گله‌های خود فرار کرده‌اند. نمونه‌های وحشی به‌طور طبیعی از طریق اهلی‌سازی و سازگاری با طبیعت انتخاب می‌شوند. ماهیان وحشی نمونه‌های باارزشی از منابع ژنتیکی آبزیان^{۹۱} FiGR هستند که به منظور صید و آبی‌پروری و یا تحقیقات مشابه در این بخش مورد استفاده قرار می‌گیرند. هریک از این گروه‌های منابع ژنتیکی وحشی به‌خودی‌خود وحشی نبوده بلکه با هدف مدیریت منابع ژنتیکی وحشی انتخاب می‌شوند.

انواع مختلفی از ماهی‌ها تنوع گونه‌ای منابع ژنتیکی وحشی را دنبال می‌کنند مانند نمونه‌های وحشی گونه‌های بومی، گونه‌های زنده غیربومی در پی رهاسازی و معرفی آن‌ها در محیط کاهش یافته‌اند و جمعیت‌های آزاد گونه‌هایی هستند که با حذف موانع طبیعی در محیط گسترش یافته است مثلاً: گونه‌هایی که از کانال سوئز به دریای مدیترانه راه یافته‌اند. بسیاری از جمعیت‌های ماهیان وحشی در جهان نسبت به خویشاوندان پرورشی خود بر اساس موقعیت مکانی، ظاهر، رفتار و نظر ویژگی‌هایی بیوشیمیایی ژنتیکی قابل تشخیص هستند. به‌علاوه برخی از جمعیت‌های

^{۸۹}Self-sustaining

^{۹۰}hybrids

^{۹۱}Wild Fish Genetic Resource

ماهیان پرورشی که جهت تأمین تخم‌های وحشی (بذر وحشی)^{۹۲} جمع‌آوری شده‌اند، جزء گونه‌های وحشی به شمار می‌روند. مثلاً بچه نرم‌تنان به‌طور ژنتیکی نسبت به خویشاوندان طبیعی خود در جمعیت‌های وحشی بسیار متفاوت هستند که این تفاوت از تنوع و فراوانی ژنتیکی آلل‌های آن‌ها نشأت می‌گیرد (۱۰۶). حتی اگر از روش به‌گزینی هدفمند و یا دیگر رویکردهای تغییر ژنتیکی استفاده نشود، تکثیر و تولید نسل متوالی جمعیت‌های در اسارت بیشتر و متفاوت از گونه‌های وحشی است (فصل‌های ۳ و ۴).

به‌طور کلی منابع ژنتیکی وحشی در آبزی‌پروری قابل مقایسه با گونه‌های پرورشی نیست، اما همه این گونه‌ها در تمامی اکوسیستم‌ها به منظور حمایت از تولیدات آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور مثال جمعیت ماهیان وحشی، پلانکتون‌ها و سایر میکرو ارگانیسم‌ها به منظور تأمین غذای ماهیان، اکسژن و فرآوری ضایعات آبزیان در مزارع در محیط صید شده و بر این اساس منابع ژنتیکی موجودات زنده‌ای که تولید در آبزی‌پروری به آن وابسته است، باید با ارائه اقدامات و ضوابط مناسب مدیریت صید و سلامت اکوسیستم در فعالیتهای آبزی‌پروری حفظ شود.

۳-۹- اهمیت برای آبزی‌پروری

اهلی‌سازی و بهبود ژنتیکی اغلب ماهیان پرورشی (آبزیان)^{۹۳} بسیار دشوارتر از پرورش گیاهان و دام‌هاست. تکثیر و اجرای برنامه‌های تولیدمثلی (تکثیر و پرورش) برای بسیاری از گونه‌های پرورشی ماهیان نه همه آن‌ها ارائه شده است. بنابراین هنوز برخی از ماهی‌ها به‌عنوان گونه‌های وحشی و یا جمعیت‌های غیر اهلی که به گونه‌های وحشی قرابت بیشتری دارند پرورش می‌یابند. به‌طوری‌که پرورش علف دریایی (جلبک دریایی)^{۹۴} به‌شدت متکی به تکثیر گونه‌های وحشی آن است. اهلی‌سازی ماهیان برای تکثیر مداوم و کنترل ماهیان برای سه نسل تنها برای ۳۰ گونه از ۱۰۳ گونه ماهیان پرورشی در سال ۲۰۰۴ تعریف شد که بیش از ۱۰۰۰ تن ماهی اهلی تولید شد (۱۰۷) (فصل ۳).

صید بر پایه آبزی‌پروری (۱۰۸) CBA¹⁰⁰ ۹۵، (فصل ۸ - CBF) ۹۶ جمع‌آوری تخم ماهیان وحشی یا

⁹²Wild seed

⁹³Farmed fish

⁹⁴seaweed

⁹⁵Capture- Based Aquaculture

⁹⁶Aquaculture- based fisheries

تخم‌های تولید شده از ماهیان مولد در هچری‌هایی است که تأمین خوراک و یا تأمین مواد اولیه خوراک در آبی‌پروری و صید ماهیان وحشی را در برمی‌گیرد. باوجود تکنولوژی‌های نوین، تکثیر و پرورش ماهیان وحشی و غیر اهلی به شیوه‌های قبلی کاهش خواهد یافت، اما حفظ در آبی‌پروری، برنامه‌های تکثیر و پرورش و تحقیقات وابسته به آن بسیار حائز اهمیت است. این امر علیرغم پیشرفت چشمگیر ژنومیک گیاهی مشابه تداوم روابط خویشاوندی گیاهان وحشی به‌عنوان منبع تنوع ژنتیکی گیاهان توسط پرورش‌دهندگان آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. حتی با پیشرفت ژنومیک ماهی و استفاده از تکنولوژی‌های ژنتیکی مدرن در آبی‌پروری این مسئله در مورد ماهیان پرورشی نیز صدق می‌کند. آبی‌پروری با چالش‌های اجتناب‌ناپذیری چون مقابله با بیماری‌های رایج و نوظهور، تغییرات آب‌وهوایی، ضرورت کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری در تولید با ارتقاء طیف وسیعی از صفات عملکردی مواجه خواهد شد. بیشترین منابع ژنتیکی ماهیان وحشی که می‌توانند به این تغییرات کمک کنند، منابع ژنتیک ماهیان وحشی هستند. آن‌ها کالاهای عمومی حساس و بسیار ارزشمندی هستند که در برخی موارد از بین می‌روند. بنابراین، این یکی از مهم‌ترین راه‌های تشخیص منابع ژنتیک ماهیان وحشی میزان پایداری و سودآوری آن‌ها در آینده آبی‌پروری بوده و در مرحله بعد سرمایه‌گذاری کافی بر روی ویژگی‌ها و حفاظت از آن‌هاست که به منظور اطمینان از میزان دسترسی به آن‌ها ضروری دارد.

۹-۴- رویکردهای مدیریتی

۹-۴-۱ طبقه‌بندی و اولویت‌بندی

مواجهه با جمعیت‌های ژنتیکی متفاوت از ماهیان وحشی زمانی می‌تواند رخ دهد که تبادل ژنی^{۹۷} بین ماهیان کاهش یافته و فشارهای انتخابی مختلفی در محیط وجود داشته باشد (فصل ۳). در این شرایط جریان ژن (تبادل ژن) در جمعیت‌های کوچکی از ماهیان وحشی سرعت بالایی دارد؛ زیرا جمعیت‌های منفرد (خالص) غالباً با شرایط محلی سازگار شده‌اند و جمعیت‌های محلی خالص‌تر سازگاری محلی بیشتری دارند که میزان و نوع مهاجرت نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین روابط بسته، انفرادی و فراجمعیت ماهیان برای گونه‌های مورد استفاده در آبی‌پروری با هدف

⁹⁷Gene flow

امکان تداوم دسترسی حداکثری تنوع ژنتیکی ماهیان وحشی دارد (۱۰۹).

معمولاً تنوع ژنتیکی یک گونه برحسب تنوع محدوده جغرافیای زیستی آن گونه نشان داده می‌شود. اغلب جمعیت‌های به‌شدت خالص (منفرد) و سالم^{۹۸} متمایزترین آن‌ها به شمار می‌روند. نکته کلیدی در جهت توصیف بهتر تنوع ژنتیکی گونه‌ها آن است که داده‌های ژنتیکی کافی برای شناسایی تنوع ژنتیکی ماهیان در جمعیت‌های وحشی جمع‌آوری شود که نقش بسزایی در حفاظت، تکامل، تنوع گونه‌ای دارند. این مسئله در علم حفاظت تحت عنوان بخش‌های حفاظتی یا حفاظت تکاملی مطرح است.

به‌طور کلی، جمعیت‌های ماهیان وحشی، مهم‌ترین مؤلفه‌های تنوع ژنتیکی در یک گونه را نشان می‌دهند، اگرچه برخی از جمعیت‌های محلی ظاهراً شبیه سایر گونه‌های منفرد، مرموز هستند از ژن‌های ارزشمند و منحصربه‌فردی برخوردارند. اولویت‌بندی به‌علت تنوع گسترده منابع ژنتیک ماهیان وحشی، حفاظت و اجماع مدیریتی در مواردی که با محدودیت داده‌های ژنتیکی مواجهیم، دشوار است. به‌عنوان یک رویکرد دارای اولویت و پیشگیرانه مدیریت حفاظت گونه‌ای، حفاظت از منابع ژنتیک ماهیانی که وجه تمایز واضحی داشته و در کلیت تنوع ژنتیکی گونه‌ای نقش بسزایی دارند، توصیه می‌شود. توصیه متخصصان ژنتیک آن است که تمامی اطلاعات ژنتیکی لازم به منظور از بین بردن کمبودهای اطلاعاتی در این مورد جمع‌آوری شود (۱۱۰).

در مسائل حفاظت از محیط‌زیست حفظ جمعیت‌هایی با منابع ژنتیک ماهیان وحشی در بدنه آبی و منابع آبی خاص، جزایر مختلف، خلیج‌ها و مصب‌ها از اولویت بالایی برخوردار است. تفکیک بر اساس سدهای جغرافیایی بیانگر تمایز و ارزش بالای منابع ژنتیک ماهیان وحشی است. این معیار برای گونه‌هایی که بیشترین میزان مهاجرت را دارند، نقش بسزایی در تولید جمعیت‌های مولد و در مراحل اولیه حیات دارد. تمایز و ارزش منابع ژنتیک ماهیان وحشی برحسب الگوهای مختلف مهاجرت در فصل تخم‌ریزی و دیگر رفتارها مشخص می‌شود. جمعیت‌های بسته‌ای که در مراکز طبیعی تنوع ژنتیکی گونه‌ای قرار دارند معمولاً مهم‌ترین منابع ژنتیک ماهیان وحشی هستند که حفاظت از آن‌ها از اولویت بسزایی برخوردار است اما حفاظت از نمایندگان گونه‌های خاص که

⁹⁸Isolated and Undisturbed population

به‌طور طبیعی در گستره آبی به‌ویژه آن‌هایی که در زیستگاه‌های خاص و محیط‌های محصور قرار دارند، مثلاً جمعیت‌های ساکن مناطق شمالی و جنوبی یا در چشمه آب‌های گرم و یا با شوری بالا پراکنده شده‌اند، اولویت دارد. توصیه متخصصان ژنتیک بر آن است که حفاظت ژنتیکی گونه‌های وحشی نسبت به سایر گونه‌ها، اولویت اصلی حفاظت به شمار می‌رود. در صورتی که دسترسی به این موارد به‌سادگی میسر نباشد، می‌توان با استفاده از دستورالعمل‌های نهادهای بین‌المللی مانند سازمان فائو، دفتر حفاظت از منابع زنده IUCN (۱۱۱)، اتحادیه بین‌المللی حفاظت محیط‌زیست مانند کنوانسیون حفاظت از تنوع زیستی (۱۱۲)، کنوانسیون و اتحادیه تجارت بین‌المللی گونه‌های در معرض خطر انقراض (۱۱۳)، کنوانسیون حفاظت از گونه‌های جانوران وحشی مهاجر راهکارهای حفاظتی را در پیش گرفت (۱۱۴).

۲-۴-۹- چشم‌اندازهای درون بخشی

دولت‌ها باید راهبردها و طرح‌های لازم را برای تضمین ثبات اکولوژیکی توسعه آبی‌پروری ارائه داده و آن‌ها را به‌طور مرتب رصد نمایند و امکان بهره‌برداری منطقی از ذخایر مشترک آبی‌پروری و سایر فعالیت‌ها را فراهم آورند.

ماده ۹.۱.۳ فراهم کردن تقسیم منابع در میان آبی‌پروری و سایر بخش‌ها: برای اطمینان از پیشرفت آبی‌پروری از نظر زیست‌محیطی پایدار و استفاده منطقی از منابع مشترک توسط آبی‌پروری و سایر فعالیت‌ها کشورها باید استراتژی‌ها و برنامه‌های توسعه آبی‌پروری را در صورت لزوم مرتباً تهیه و به‌روزرسانی کنند. نیاز به چشم‌اندازهای مقطعی دارد. حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی بخشی از حفاظت از طبیعت است که بخشی از آن حق خودش است. انسان‌ها از محیط طبیعی زیستگاه‌های منابع ژنتیک ماهیان وحشی و آب‌های آن‌ها برای مصارف مختلف کشاورزی، آبی‌پروری، حفاظت از حیات وحش، جنگلداری، صنعت، معدن، حفاظت از طبیعت، نایبری، تولید برق، تفریح و گردشگری، تأمین آب برای سکونتگاه‌های انسانی و صنایع، و تصفیه و دفع زباله استفاده می‌کنند. برای حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی باید همه بخش‌های مذکور با یکدیگر تعامل کنند.

تعامل آبی‌پروری با نیازهای دیگران با حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی دشوار است. برخی از آب‌هایی که امکان آبی‌پروری در آن وجود دارد حاوی منابع ژنتیک ماهیان وحشی

هستند که اهمیتی در سطح ملی و گاه بین‌المللی دارند. پرورش‌دهندگان ماهی نیاز را دارند و باید اجازه دهند گونه‌ها و نژادهای سودآور را مانند کشاورزی در معرض انطباق آن‌ها با ایمنی زیستی، امنیت زیستی، سایر محافظات زیست‌محیطی و دسترسی قانونی و مالکیت پرورش دهند. با این حال ماهی‌هایی که از مزارع فرار کرده‌اند و عوامل بیماری‌زای موجود در مزارع پرورش ماهی می‌توانند تأثیرات سوئی بر منابع ژنتیک ماهیان وحشی و سایر تنوع زیستی وحشی و زیستگاه داشته باشند.

با گسترش آبرزی پروری در حوزه‌های آبخیز، مناطق ساحلی و دریای آزاد، سیاست‌گذاران و نهادهای نظارتی باید به‌طور فزاینده در نظر بگیرند که مجاز می‌دانند کدام ماهی در کجا پرورش داده شود؛ زیرا حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی یک عامل تأثیرگذار در این تصمیم است. چهارگزینه، به منظور افزایش محدودیت و احتیاط در پیگیری اهداف حفاظت عبارتند از: ۱) اجازه پرورش هر ماهی را بدهید. ۲) اجازه پرورش گونه ماهی بومی فقط داده شود. ۳) اجازه تولید گونه‌ای را فقط بدهید که یک نوع نمونه بومی آن در منطقه است - اما در اینجا توجه داشته باشید که سوبه ماهی (های پرورش‌یافته) به‌زودی از نظر ژنتیکی با سوبه (های) وحشی و محلی متفاوت خواهد شد و ۴) ممنوعیت پرورش همه انواع آبریان. انتخاب از بین این گزینه‌ها سخت است. دستاوردهای توسعه آبرزی پروری باید در برابر ضرر و زیان و تغییر در منابع ژنتیک ماهیان وحشی سایر تنوع زیستی و زیستگاه‌ها متعادل شود. رویکرد توصیه شده در اینجا رعایت مفاد عمومی قانون است که توسعه آبرزی پروری مسئولانه فقط مجاز است که به معنای تعیین و پیگیری اهداف، حفاظت از طبیعت، از جمله حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی، و حفاظت از منافع بخش‌های دیگر را انجام دهد. در نظر گرفتن یک دیدگاه مقطعی کلید دستیابی به تعادل بین توسعه و حفاظت است. حتی وقتی به چند بخش محدود می‌شود - به‌عنوان مثال، به آبرزی پروری، طبیعت حفاظت و مدیریت منابع آب - یک چشم‌انداز مقطعی در اینجا به سود سایر بخش‌هایی است که به بهداشت و خدمات اکوسیستم آبرزی بستگی دارند.

ذی‌نفعان در این بخش‌ها و بخش‌های دیگر باید با یکدیگر ملاقات، بحث و گفتگو کنند تا به اجماع متعادل مبتنی بر سازش‌های متقابل، فداکاری‌ها و اشتراک مزایا برسند. این اغلب دشوار خواهد بود؛ زیرا از نظر تاریخی، بسیاری از مؤسسات آبرزی پروری و حفاظت، با توسعه و نظارت بر آبرزی پروری به‌طور مستقل از تعیین و پیگیری اهداف حفاظت جدا بوده است. نهادهای بین بخشی

هستند که هنوز به خوبی توسعه نیافته‌اند، اگرچه تأسیس آن‌ها در آیین‌نامه برای پیشبرد آبی‌پروری مسئولانه آورده شده است. بنابراین، توسعه نهادهای بین بخشی، برای هماهنگی در میان آبی‌پروری، حفاظت و سایر بخش‌ها، باید فوری دنبال شود. دیدگاه مناظره درون بخشی نه تنها قبل و حین توسعه آبی‌پروری بلکه از طریق نظارت مداوم و نامشخص بر آبی‌پروری و روابط مقطعی آن باید حفظ شود. این نیز در ماده ۷.۶.۸ بیان شده است که مستلزم آن است که «اقدامات حفاظت و مدیریت و فعل و انفعالات احتمالی آن‌ها باید تحت بررسی مداوم باشد».

۳-۴-۹- تلفیق آبی‌پروری و حفاظت از منابع ژنتیکی

دوقلوسازی در پرورش و آبی‌پروری با اندازه‌گیری و نظارت بر حفاظت از محیط‌زیست وحشی، به عنوان یک منطق اطمینان بخش جهت بهره‌برداری پایدار و بلندمدت از منابع ژنتیکی آبیان وحشی توصیه می‌شود (۱۱۵). دوقلوزایی نیازمند منطقه‌بندی مکان‌هایی است که به منظور آبی‌پروری در نظر گرفته شده است. همچنین نواحی‌ای که برای حفاظت در نظر گرفته شده، کاملاً آبی‌پروری در آن‌ها ممنوع بوده و از آب‌های مزارع و همچنین سایر عوارض ناشی از عوامل اخلاص گر در این بخش مجزاست. با انتخاب مکان‌های مناسب آبی‌پروری، مشروط بر اینکه حفاظت از ماهیان وحشی در نقاط دوقلوی آبی‌پروری و حفاظت شده مانند: ذخایر طبیعی و دیگر مکان‌های ایمن مهیا باشد، می‌توان گونه‌های متنوع (گسترده‌ای) از ماهی را پرورش داد. اما دوقلوزایی بسیار فراتر از تفکیک منطقه‌بندی در آبی‌پروری و حفاظت از منابع ژنتیکی ماهیان وحشی است که می‌بایست سیاست‌گذاری‌های یکپارچه مشترک و منسجم همراه با نظارت و به‌ویژه تأمین مالی مشترک هر دو بخش بر مبنای اهداف مدیریت و توسعه دوقلوسازی بهره‌برداری و حفاظت سرمایه‌گذاری مداوم در آن‌ها صورت گیرد.

مناطق حفاظت شده‌ای که متناسب با معیارهای سختگیرانه دوقلوسازی (هم‌افزایی) که در اینجا به آن اشاره شد، ممکن است همیشه در دسترس نباشند. اگرچه بسیاری از ذخایر طبیعی، نواحی آبی حفاظت شده، از آثار ناشی از آبی‌پروری، صید و سایر بخش‌های مرتبط مجزا نبوده و گاهی استفاده منطقی از منابع زنده آبی نظیر ماهیگیری نقش مهمی در حفاظت از منابع ژنتیکی ایفا می‌کند (۱۱۶). باوجوداین، علیرغم تلاش حداکثری به منظور شناسایی و ایجاد یک یا چند منطقه حفاظت شده در یک اکوسیستم مانند یک حوزه آبخیز یا منطقه ساحلی به دلایل تاریخی یا

شرایط اکولوژیکی و اجتماعی حال حاضر، محیط از منظر دوقلوسازی در سطح ملی و بین‌المللی گسترش یابد. نیاز اصلی توسعه آبی پروری در هر نقطه آن است که بتواند یکپارچگی حیات وحش را به مخاطره نیندازد، به شرط آنکه اصول حفاظت از حیات وحش را به دو شکل آزمایشگاهی^{۹۹} و محیط باز^{۱۰۰} مهیا نمایند.

۴-۴-۹- حفاظت طبیعی (زنده)

طبق قرارداد، انواع مختلف، نژادها و مولدین مختلف گیاهان زراعی، ماهی‌ها و دام‌های پرورشی هنگام قرارگیری در مزارع که محیط طبیعی آن‌ها هستند، منابع ژنتیکی (طبیعی) زنده نامیده می‌شوند. مناطق حفاظت شده آبیانی که به‌خوبی مدیریت شده‌اند، بانک ژن طبیعی برای منابع ژنتیک ماهیان وحشی هستند (فصل ۱۰) این نقش اغلب شناخته نمی‌شود و مدیریت آن‌ها اغلب فاقد کفایت لازم برای جمع‌آوری و استفاده از داده‌های ژنتیک است. بانک طبیعی (زنده) منابع ژنتیک ماهیان وحشی فقط به‌صورت طبیعی یافت می‌شود. دو نیاز اصلی برای بانک طبیعی حفاظت از هر جمعیت حیات وحشی در هر منطقه حفاظت شده عبارتند از: ۱) اندازه جمعیت مؤثر از نظر ژنتیکی را حفظ کنید؛ یعنی تعداد مولدین مؤثر (N_e) به منظور جلوگیری از همخونی و از دست دادن تنوع ژنتیکی را کنترل کنید؛ زیرا جمعیت‌های کوچک و ایزوله همیشه در معرض خطر آن هستند (همچنین در فصل ۳ ببینید). (۱۱۷) و ii) توجه مساوی به مدیریت زیستگاه‌های خود داشته باشید تا از تخریب یا از بین رفتن آن‌ها جلوگیری شود. مگر اینکه مورد بعد موفق باشد منابع ژنتیک ماهیان که برای حفاظت هدف‌گذاری شده تغییر می‌کند و یا از بین می‌رود. ادامه و حضور و یکپارچگی آب‌ها و جوامع بیولوژیکی میزبان منابع ژنتیک ماهیان خاص وحشی، در مقابل چالش‌ها از جمله تغییرات آب‌وهوایی، سدسازی، خشک‌سالی، سیلاب، معرفی گونه‌های غیربومی بحران‌ها، صید بی‌رویه، لجن‌زدایی و برداشت آب باید اطمینان بخش باشد. باوجود این منابع طبیعی زنده منابع ژنتیک ماهیان وحشی با همان محدودیت‌هایی روبرو است که حفاظت از طبیعت دارد، اما تهدیدهای ماهیان وحشی، به‌ویژه ماهی‌های موجود در آب شیرین و ماهیان مهاجر بیشتر از ماهیان دیگر گروه‌های مهره‌دار هستند؛ زیرا انسان‌ها برای غذا از آن استفاده می‌

⁹⁹In situ

¹⁰⁰ex situ

کنند.

حفاظت طبیعی (زنده) از منابع ژنتیک ماهیان وحشی تهدید شده و مهم نباید رها شوند؛ زیرا جمعیت‌هایی که برای اهداف حفاظت باقی مانده‌اند کم دارند. جمعیت کوچک از منابع ژنتیک ماهیان وحشی که در محل بسته حفاظت می‌شوند به تلاش کلی برای حفاظت از گونه‌های خاص و به‌ویژه مهم در جایی که نمونه‌های کمیاب یا تنها باقی مانده از یک جمعیت محلی متمایز مانند یک نژاد رودخانه‌ای یا دریایی است کمک می‌کند. حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی دارای هزینه‌های عملیاتی است و فرصتی برای ذی‌نفعان دولتی و خصوصی است تا آن را شناخته و به اشتراک گذارند.

یکی از موضوعات کلیدی در رابطه با حفاظت همه منابع ژنتیکی وحشی از جمله منابع ژنتیک ماهیان نحوه اطمینان از جمع‌آوری مسئولانه آن‌ها از طبیعت است به‌ویژه جمع‌آوری بیش‌ازحد و غیرمجاز آن‌ها و باید از مبادله و استفاده منصفانه پس از آن اجتناب شود. در سال ۱۹۹۳ کشورهای عضو فائو درباره یک آیین‌نامه بین‌المللی برای جمع‌آوری و انتقال ژر پلاسما گیاهان مذاکره کردند (۱۱۸) که اهداف آن می‌تواند در منابع ژنتیک ماهیان وحشی اعمال شود. کنوانسیون تنوع بیولوژیکی (۱۱۹) به‌ویژه مواد آن شامل حفاظت طبیعی ماده ۸ج، تقسیم عادلانه مزایا ۱۵، دسترسی به منابع ژنتیکی ۱۷، تبادل اطلاعات؛ و همکاری علمی و فنی ۱۸ - و بسیاری دیگر از اسناد بین‌المللی و ملی مدیریت تنوع زیستی از جمله منابع ژنتیک ماهیان وحشی و حفاظت طبیعی را فراهم می‌کند. اما تاکنون به‌صورت بسیار گسترده‌تر در سایر منابع ژنتیکی حیوانات وحشی به‌ویژه برای گیاهان وحشی و زراعی استفاده شده است.

۵-۴-۹- حفاظت در شرایط آزمایشگاهی

حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان به‌عنوان ماهی زنده در داخل بدن *in vivo* نامیده می‌شود. همه حفاظت آزمایشگاهی از منابع ژنتیک ماهیان وحشی به‌عنوان جمعیت ماهی در اندازه‌های مختلف در داخل بدن *in vivo* است. حفاظت از موجودات منابع ژنتیک ماهیان وحشی می‌تواند به‌صورت فردی *in vivo* یا جمعیتی که در مؤسسات تحقیقاتی و آبریان یا در شرایط آزمایشگاهی نگهداری می‌شوند، باشد یا به‌صورت *in vitro* به‌عنوان اسپرم منجمد و به‌ندرت به‌عنوان جنین و مانند هر

بافتی حاوی DNA باشد. انجماد اسپرم مهم‌ترین فناوری موجود به‌عنوان حفاظت آزمایشگاهی از منابع ژنتیک ماهیان وحشی است (فصل ۱۰). عدم وجود فناوری مقایسه‌ای برای انجماد تخمک‌ها و جنین ماهیان پرورشی و بی‌مهرگان آبری پرورشی به این معنی است که اسپرم منجمد فقط می‌تواند برای بارور کردن تخمک از ماهیان ماده زنده استفاده کند. با این حال انجماد اسپرم هنوز هم وسیله بسیار مهمی از حفظ منابع ژنتیک ماهیان وحشی، به‌ویژه منابع ژنتیک ماهیان وحشی تهدید شده و تهیه آن منابع ژنتیک ماهیان وحشی در برنامه‌های اصلاح نژاد است.

Ex situ / in vivo حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان جمع‌آوری شده در مراکز تحقیقاتی آبریان، با محدودیت‌های مشابه تمام نژادهای در اسارت برای اهداف حفاظت در باغ‌وحش‌ها و دیگر مؤسسات مواجه است: عمدتاً جمعیت‌های که تکثیر می‌شوند از نظر ژنتیکی متفاوت از اقوام وحشی آن‌ها هستند و به دلیل محدودیت بودجه و امکانات اندازه جمعیت مؤثر (N_e) محدود است. مشارکت عمومی و خصوصی می‌تواند به بسیج منابع بیشتری برای حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی و تقسیم هزینه‌ها و منافع کمک کند. هرچند بودجه عمومی معمولاً باید پیش‌قدم شود. بسیاری از سازمان‌ها و مجموعه‌های عمومی خصوصاً دانشگاه‌ها و همچنین بخش خصوصی آبری پروری ex situ / in vivo، منابع ژنتیک ماهیان را برای اهداف تحقیق نگهداری می‌کنند. بخش عمومی و خصوصی آبریان نیز در داخل بدن بانک ژن ماهی هستند و برخی از ماهیان آن‌ها می‌توانند برای پرورش آبریان منابع ژنتیک ماهیان استفاده شوند. مجموعه‌های ex situ / in vivo منابع ژنتیک ماهیان وحشی باید موفق به نگهداری آن‌ها از نظر ژنتیکی تا حد امکان نزدیک به نوع وحشی باشند تا از دست رفتن تنوع ژنتیکی را به حداقل برساند (فصل ۳، ۴ و ۱۰).

حفاظت زنده از منابع ژنتیک ماهیان وحشی ابتدا باید به‌عنوان مکمل حفاظت آزمایشگاهی با تأکید زیاد بر مورد دوم (حفاظت آزمایشگاهی) در نظر گرفته شود. با این حال جایی که تعداد کمی از جمعیت دارای زندگی آزاد و در دسترس مهم و منابع ژنتیک ماهیان باقی می‌ماند حفاظت زنده به اصلی‌ترین رویکرد از حفاظت طولانی‌مدت و در دسترس بودن آن‌ها اطمینان دارید، تبدیل می‌شود. همان‌طور که در بالا توصیه شده است برای حفاظت زنده تمام تلاش‌ها برای حفاظت منابع ژنتیکی وحشی در حال انقراض مهم و ارزشمند است و به حفظ کلی ژنتیک گونه خاص کمک می‌کند. تنوع برای یک گونه خاص مانند حفاظت از حیوانات نادر در باغ‌وحش‌ها و نژادهای نادر اعتماد

می‌کند. این حتی در مواردی که اسپرم منجمد نگه داشته شود و نماینده فقط چند فرد یا جمعیت و در *in vivo* نگه داری می‌شود و Ne آن کم است نیز صدق می‌کند.

در هر کجا که توسعه آبرزی پروری و حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی انجام می‌شود، باید مقدماتی فراهم شود و همه جریان‌های لازم در محیط باز و آزمایشگاهی در مورد منابع ژنتیک ماهیان وحشی پیش بینی شود. رویکرد دوقلوسازی (همانند سازی) با رعایت موارد مناسب توسعه نهادی و ظرفیت‌سازی هم در محیط باز (*ex situ*) و آزمایشگاهی (*in situ*) مجدداً توصیه می‌شود.

۵-۹- اطلاعات

اطلاعات دقیق و به‌روز برای سازمان مدیریت مؤثر منابع ژنتیک ماهیان وحشی بسیار مهم است. برای منطقه‌بندی مؤثر آبرزی پروری و در مناطق حفاظت شده منابع ژنتیک ماهیان وحشی از جمله تا حد ممکن خصوصیات ژنتیکی باید کاملاً مستند باشد. فقط با چنین اطلاعات می‌توان برای حفاظت از آن‌ها اولویت‌بندی کرد. پس از آن، اطلاعات هنوز باید برای نظارت بر وضعیت جمعیت طبیعی و تلاش‌های تکمیلی قابل اجرا در حفاظت از آزمایشگاهی جمع‌آوری شود. این اطلاعات باید در قالب‌های مختلف مانند ژنتیکی و پایگاه‌های داده، مجلات علمی و منابع دسترسی آزاد آنالین منتشر و به اشتراک گذاشته شود. Fish Base نمونه خوبی از یک سیستم اطلاعاتی است (۱۲۰) که می‌تواند برای ضبط و انتشار چنین اطلاعاتی، از مطالب مربوط به خود منابع ژنتیک ماهیان وحشی و از پیوندها به سایر پایگاه‌های اطلاعاتی مرتبط استفاده شود. برنامه گونه‌های فائو (*FAO Species Identification Programme*) *in vivo* (۱۲۱) و برگه‌های واقعی آبرزی پروری (*Aquaculture Fact Sheets*) (۱۲۲) شامل طبقه‌بندی توصیفات بر اساس مورفولوژی فقط با داده‌های ژنتیکی محدود است. با این حال سیستم‌های اطلاعاتی برای منابع ژنتیک وحشی و سایر منابع ژنتیک ماهیان به احتمال زیاد با محدوده تغییر می‌کنند و تقاضا برای این اطلاعات رشد می‌کند. راهنمایی در مورد تحولات جدید در منابع اطلاعات منابع ژنتیک ماهیان را می‌توان از کمیسیون منابع فائو جستجو کرد (*FAO Commission Genetic Resources*). علاوه بر این حفاظت ژنتیکی به‌طور فزاینده‌ای در طیف گسترده‌ای از گونه‌های مربوطه اعمال می‌شود. اطلاعات منابع ژنتیک ماهیان به‌طور فزاینده‌ای از طریق سازمان‌های حفاظت از طبیعت شامل ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی در دسترس است.

موجودی‌های ملی و محلی به‌عنوان مثال فهرست‌ها و پایگاه‌های داده کامپیوتری از منابع ژنتیک ماهیان وحشی تا همه جمعیت ماهیان آزاد - وحشی و غیره - و قابل دسترسی افراد، گامت‌ها، DNA باید از منظر فراگیر ایجاد شود و همه طبقه‌بندی‌ها را در بر بگیرد. در این رویکرد وحشی یک صفت نسبی است. موجودی‌ها باید برای هر جمعیت و برای سایر اشکال منابع ژنتیک ماهیان وحشی خاص دقیق و معتبر (و در صورت استفاده از نوع خاص) باشد به طوری که شناسایی و نام‌گذاری علمی ارجاع به منابع دانش و نام‌گذاری محلی و بومی خصوصیات متمایز داده‌های خصوصیات ژنتیکی، حفاظت وضعیت سابقه استفاده در آبی پروری و تهدیدهای اصلی باشد.

مدیریت سایت خاص منابع ژنتیک ماهیان وحشی حفاظت طبیعی (زنده) به اطلاعات گسترده‌تری منابع و ابزار برنامه‌ریزی نیاز دارد؛ زیرا شامل هر دو مدیریت از منابع ژنتیک ماهیان فی‌نفسه و مدیریت زیستگاه‌های آن‌هاست. بنابراین اطلاعات باید از تمام بخش‌هایی که می‌توانند تأثیرات نامطلوبی داشته باشند تأمین شوند. مورد دوم شامل تمام تغییرات احتمالی حوضه آبخیز اطراف یا ساحلی منطقه و به‌ویژه هرگونه تغییر قابل پیش‌بینی در کیفیت و کمیت آب می‌شود. برخی از روش‌هایی که باید در اینجا استفاده شود مانند اطلاعات جغرافیایی سیستم‌ها (GIS) از مدت‌ها قبل تأسیس شده‌اند اگرچه کاربرد آن‌ها در حفاظت از محیط‌زیست است ژنتیک نسبتاً جدید است. مدیریت زیستگاه‌های طبیعی به‌طور خاص برای حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان همچنین اطلاعات که درباره آن منتشر شده است نسبتاً جدید و تجارب و رهنمودها محدود است. سیستم پزشکی نیز با چنین وضعیتی روبرو است در تلاش برای سنتز و انتشار اطلاعات اخیر به ترتیب برای به حداکثر رساندن اقدامات مؤثر و پیشنهاد شده است. حفاظت منابع ژنتیکی می‌تواند از برخی رویکردهای پزشکی برای پردازش اطلاعات بیاموزد (۱۲۳).

منابع اطلاعاتی در مورد انواع مختلف زیستگاه‌های ماهی معمولاً کمتر از زیست‌شناسی ماهی توسعه یافته است و هر شرایط فردی از زیستگاه ماهی و منابع ژنتیک ماهیان وحشی آن از ویژگی‌های منحصربه‌فردی برخوردار است. نیاز به درک محیط‌زیست زیستگاه ماهی یک نیاز اساسی برای حفاظت (۱۲۴) و توصیه‌های بوم‌شناسان آبیان است که می‌تواند برای مدیریت بانک ژن منابع ژنتیک ماهیان وحشی استفاده شود که در حال افزایش است. یک مثال خوب فهرست سایت‌هایی است که تجزیه و تحلیل اکوپس (Ecopath) را به‌عنوان اطلاعاتی برای

مدیریت مبتنی بر اکوسیستم تکمیل می‌کنند. مشاوره تخصصی در مورد اطلاعات برای مدیریت زیستگاه‌ها در حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی باید از آبزیان حرفه‌ای بوم‌شناسان و جغرافی‌دانان گرفته شود (۱۲۵). هرگاه چنین مشاوره‌ای به راحتی قابل دستیابی نباشد می‌توان در وهله اول از IUCN کمک گرفت.

۹-۶- پرورش آبزیان حفاظت شده برای ماهی‌های در معرض خطر

اصطلاح در معرض خطر مفهوم گسترده‌ای داشته و شامل فهرستی از گونه‌های در معرض خطر و گونه مستقر در لیست قرمز^{۱۰۱} IUCN است که توسط کنوانسیون تجارت بین‌المللی گونه‌های در معرض خطر انقراض^{۱۰۲} (CITES) به (۱۲۶) سه زیر گروه آسیب‌پذیر^{۱۰۳}، در معرض خطر^{۱۰۴} و شدیداً در معرض انقراض خطر^{۱۰۵} تقسیم می‌شوند (۱۲۷) و تمامی گونه‌ها و به سایر رده‌های در معرض خطر که در قانون ملی ذکر شده است اشاره دارد. باتوجه با اهمیت فهرست‌های بین‌المللی می‌بایست فهرستی از گونه‌های در معرض خطر در سطح ملی و منطقه‌ای که حائز اهمیت بوده و ممکن است در معرض خطر باشند تهیه شود. تصمیم‌گیرندگان (سیاست‌گذاران شیلاتی) می‌توانند تهیه چنین فهرست‌هایی را از نهادهای ملی شیلات یا ادارات حفاظت محیط‌زیست درخواست کنند. اصلی‌ترین استراتژی حفاظت از تمامی گونه‌های در معرض خطر محافظت و بازسازی زیستگاه‌های طبیعی آن‌ها در مقابل فرسایش و حفاظت از جمعیت‌های این گروه از آبزیان در مقابل آثار زیان‌بار فرسایش است.

به‌علاوه استفاده از راهکار تکثیر در (محیط محصور) قفس برای گونه‌های در معرض خطر می‌تواند با هدف افزایش جمعیت‌های وحشی و معرفی مجدد آن‌ها در منطقه‌ای که منقرض شده‌اند به منظور حفاظت از آبی‌پروری مؤثر باشد (۱۲۸). اما مداخلات آن باید با استراتژی کلی مدیریت منابع نظیر مناطق حفاظت شده مدیریت صید و صیادی و دسترسی مطلوب به مدیریت منابع طبیعی همسو باشد. به‌کارگیری راهکار پرورش در قفس و تولید تخم در هجری‌ها با هدف حفظ و

¹⁰¹Red list IUCN

¹⁰²Convention in International Trade in Endangered Species

¹⁰³Vulnerable

¹⁰⁴Endangered

¹⁰⁵Critical endangered

تأمین ذخایر بسیاری از گونه‌های در معرض خطر انقراض انجام می‌گیرد نظیر: گربه‌ماهی غول‌پیکر مکونگ^{۱۰۶}، ماه‌سیرها^{۱۰۷} (گونه‌ای از کپور ماهیان که اندازه بزرگی دارند)، صدف‌های غول‌پیکر^{۱۰۸}، ماهیان زینتی نظیر اروانا^{۱۰۹}، پارو پوزه ماهیان^{۱۱۰}، ماهیان خاویاری^{۱۱۱} و دیگر گونه‌ها، زیر گونه‌های ماهی آزاد^{۱۱۲} و قزل‌آلا^{۱۱۳}.

در بسیاری از آکواریوم‌های عمومی مجموعه‌ای از ماهیان در معرض خطر انقراض نگهداری می‌شود، اما تلاش برای تکثیر گسترده آن‌ها در باغ‌وحش‌ها با هدف حفظ و حمایت از جانوران در معرض خطر انقراض به‌ویژه پرندگان و پستانداران هنوز با تلاش‌های مشابه جهت تولید ماهی‌ها مطابقت ندارد. دستورالعمل‌هایی به منظور اصلاح نژاد و حفاظت از طیف وسیعی از ماهیان در معرض خطر انقراض (۱۲۹) نظیر تکثیر ماهیان وحشی در محیط باز اصول اولیه تکثیر و حفاظت از ماهیان در معرض خطر انقراض با هدف حفظ ذخایر مولدین و نتاج آن‌ها در محیط محصور (قفس) تهیه شده است که قرابت ژنتیکی بسیاری نسبت به نمونه جمعیت‌های وحشی دارند که در این بخش و یا در فصل سوم به آن اشاره شده است. برای ماهیان در معرض خطر انقراض که به‌شدت در معرض خطر قرار دارند این مسئله بسیار حائز اهمیت است؛ چراکه این امکان وجود دارد که در هر پروسه تکثیر/اصلاح نژاد در محیط محصور اهداف ژنتیکی دستخوش تغییر شده و میزان جمعیت مؤثر را به حداقل ممکن برساند. بنابراین حفظ ذخایر ژنتیکی با حداقل جمعیت مؤثر بهتر از عدم وجود این قبیل ماهیان در محیط است.

۷-۹- خلاصه

منابع ژنتیکی ماهیان وحشی (FiGR) نمایانگر اکثر موارد تنوع ژنتیکی است که برای اهلی‌سازی بیشتر و بهبود ژنتیکی ماهی‌های پرورشی در دسترس است.

¹⁰⁶Mekong giant catfish

¹⁰⁷mahseers

¹⁰⁸Giant calms

¹⁰⁹arowanna

¹¹⁰paddlefish

¹¹¹sturgeons

¹¹²salmon

¹¹³trout

بسیاری از منابع ژنتیک ماهیان وحشی با تغییر ژنتیکی یا انقراض تهدید می‌شوند. این منابع وحشی و بالقوه قابل کشت برای اطمینان از در دسترس بودن در آینده برای استفاده در آبزی پروری باید نگهداری شوند .

با شناخت کافی ارزش منابع ژنتیک ماهیان وحشی و به اشتراک گذاری هزینه‌ها و مزایای حفاظت از آن‌ها هنوز فرصت برای جلوگیری از اتلاف منابع ژنتیکی وحشی برای آبزی پروری وجود دارد؛ به میزانی که در بخش‌های دام و گیاهان زراعی تجربه شده و موجود است.

حفاظت آزمایشگاهی از منابع ژنتیک ماهیان وحشی باید به عنوان بخشی از طبیعت شناخته شود. بخش حفاظت و باید از طریق اقدامات مقطعی و مشارکت دنبال شود.

حفاظت طبیعی از منابع ژنتیک ماهیان وحشی برای تکمیل تلاش‌های حفاظت آزمایشگاهی برای آبزی پروری یک گزینه مهم است و پرورش در اسارت می‌تواند به حفاظت از برخی ماهیان در معرض خطر کمک کند.

برای همه جنبه‌های مدیریت منابع ژنتیک ماهیان وحشی اطلاعات دقیق و به‌روز از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

حفاظت از منابع ژنتیک ماهیان وحشی باید در تأمین اعتبار از اهمیت کافی تخصیص منابع و در تقسیم منابع طبیعی با بخش‌های دیگر برخوردار شود.

۱۰- بانک منابع ژنتیکی آبزیان (۱۳۰)

۱۰-۱- مقدمه

بانک ژن مجموعه‌ای جمع آوری و مدیریت شده از منابع ژنتیکی است. بانک‌های ژن هر زمان که منابع ژنتیکی اساسی حیوانات و گیاهان برای پرورش و برداشت تهدید می‌شود ضروری است. درحالی که تکنیک‌های مدرن ژنتیکی امکان تهیه بانک هرگونه بافت گیاهی یا حیوانی را که حاوی DNA است فراهم می‌کند. بانک‌های ژنی مجموعه‌ای از کل ارگانیسم‌ها سلول‌های تولیدمثل آن‌ها یا مراحل اولیه زندگی است. نشانه خوبی که نشان می‌دهد مجموعه درواقع یک بانک است این است که می‌توان از آن برداشت کرد. فناوری‌های مورد استفاده برای بانکداری ژن آبرزی در صنعت قابل استفاده است (مجموعه‌های تولید مولد جستجو برای مواد ژنتیکی جدید) همان‌طور که برای حفاظت سنتی است.

۱۰-۲- بانک‌های ژنی طبیعی (زنده) و آزمایشگاهی

بانک ژن می‌تواند طبیعی (زنده) یا آزمایشگاهی باشد تمایز آن‌ها عمدتاً بر اساس محل فیزیکی نگهداری آن‌هاست. بانک‌های آزمایشگاهی که می‌توانند مجموعه‌ای از DNA طبقه‌بندی سلول‌های منفرد باشد دانه‌ها یا موجود کامل هستند که از یک موجود از زیستگاه یا مزرعه برداشته می‌شود. آن‌ها متداول‌ترین بانک ژن و یکی از شناخته شده‌ترین آن‌ها برای عموم مردم هستند. بانک‌های طبیعی (زنده) جمعیتی هستند که در زیستگاه طبیعی یا محیط پرورشی از آن‌ها محافظت می‌شود آن‌ها از بانک‌های آزمایشگاهی کمتر متداول هستند اما ممکن است برای آژانس‌ها و مردم خوشایندتر باشند (به فصل ۱۲ مراجعه کنید). درحالی که کنوانسیون تنوع بیولوژیکی (CBD) بانک‌های آزمایشگاهی را به عنوان «مکمل» موارد طبیعی (زنده) در نظر می‌گیرد هر دو به صراحت به مواد ۷.۲.۲ و ۹.۳.۱ (بانک‌های ژنی طبیعی (زنده) و آزمایشگاهی) و ۹.۳.۵ (بانک‌های آزمایشگاهی) در آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه اشاره دارد. آن‌ها برای منابع ژنتیکی آبزیان به همان اندازه مهم هستند.

بانک‌های ژن آبزیان بسیار جدیدتر از بانک‌های بذر گیاهی و مراکز تلقیح دام هستند که برای بسیاری از افراد شناخته شده است. بزرگ‌ترین تفاوت این است که برخلاف گیاهان و حیوانات

اهلی موجودات آبی هنوز هم از اکوسیستم‌های وحشی یا از ذخایر مزارع صید می‌شوند بنابراین حفاظت آن‌ها در بانک‌های ژنی باید شامل زیستگاه‌های طبیعی باشد (سیستم‌های آبی پروری هنوز تهدید نشده‌اند). از دست دادن زیستگاه به این معنی است که گزینه بانک ژن آزمایشگاهی از گونه‌های وحشی دیگر برای بسیاری گیاهان و حیوانات وحشی وجود ندارد اما برای ماهی‌های استخوانی صدف و گیاهان آبی به راحتی در دسترس است. بنابراین برای مدیران بانک‌های ژن آبی وسعت گزینه‌ها برای حفاظت منابع ژنتیکی آبیان پرورشی باید روشن باشند یک بانک طبیعی (زنده) می‌تواند نه تنها «در مزرعه» مجموعه‌ای از یک نژاد خاص زنده باشد بلکه بخشی از زیستگاه بستگان حیوانات وحشی آن است (فصل ۹). در این فصل فقط اولین گزینه طبیعی (زنده) یعنی حفاظت در مزرعه در نظر گرفته شده است.

۳-۱۰- تاریخچه

اولین بانک ژن موجودات آبی مجموعه‌های کوچکی از اسپرم منجمد شده جمع‌آوری شده توسط محققان علاقه‌مند به جمعیت وحشی ماهی استخوانی بود. باین حال بارزترین ابزار آن‌ها برای حفاظت از نتایج برنامه‌های اصلاح نژاد آبی پروری بود. بسیاری از مجموعه‌ها به دلیل برنامه‌ریزی ضعیف سرمایه‌گذاری فناوری ضعیف و عدم خرید دولت عمر کوتاهی داشتند. تعدادی از «بانک‌های ژن زنده» (دوباره بیشتر ماهیان استخوانی) نیز به صورت مجموعه‌های مولدین پرورشی در مراکز تکثیر دولتی یا خصوصی به وجود آمد.

امروزه مجموعه‌های موجود در بانک طبیعی (زنده) از ژرم پلاسما حیوانات آبی و موجودات کامل توسط دولت‌های ملی ایالتی و بومی شرکت‌های خصوصی و دانشگاهیان و NGO ها مدیریت و نگهداری می‌شوند. بعضی از آن‌ها بخشی از تلاش ملی در حفاظت از ژرم پلاسما آبیان پیوسته هستند. درحالی‌که این بانک‌های طبیعی (زنده) گسترده هستند اصطلاحات و فناوری‌های آن‌ها باید استلزام دارد و خطوط ارتباطی تنظیم و مشارکت بین گروه‌ها بسیار زیاد تقویت گردد و برنامه‌ها باید به دنبال هم باشند.

۴-۱۰- راهنمایی در مورد بانک‌های گامت‌ها و جنین‌های منجمد

یک بانک ژن نشان‌دهنده یک تعهد غیرمعمول طولانی برای حفاظت زیرساخت است. اگرچه

تنظیم نسبتاً آسان است اما حفظ بانک‌های ژن در طول دهه‌ها سخت هستند که چارچوب زمانی طبیعی آن‌هاست. آن‌ها می‌توانند با موفقیت در مقیاس کوچک (به‌عنوان مثال در یک مزرعه منفرد) استفاده شوند اما در مدل دام که از ذخیره‌سازی مرکزی (و بودجه مرکزی) استفاده می‌کنند و مرکز ثبت اطلاعات احتمالاً بهترین برای طولانی‌مدت است. این مدل چند کاربرده است که در ادامه بحث می‌شود.

اسپرم بسیاری از گونه‌های ماهی استخوانی آب شیرین با موفقیت منجمد انجام شده است (منجمد به‌طور نامحدود در نیتروژن مایع). در اسپرم ماهی چند مشکل جدی فنی وجود دارد اگرچه با منابع علمی باکیفیت پایین در مورد موضوع پیشرفت‌هایی صورت گرفته است که بسیاری را تلاش‌های تجربی که توسط تئوری انجماد اسپرم منعکس می‌کند. محققان و کسانی که بانک ژن تأسیس می‌کنند باید برای بررسی بیشتر در مورد بررسی‌های اخیر تشویق شوند برای راهنمایی‌های فنی عمیق مشورت کنند و تجربیات خود را به‌طور گسترده منتشر کنند (۱۳۱).

اسپرم ماهی به‌طور کلی منجمد شده و در نی‌های پلاستیکی ذخیره می‌شود. انجماد واقعی را اکنون می‌توان در زمینه استفاده از تجهیزات قابل حمل و کم‌هزینه نیز انجام داد. هنوز نمی‌توان تخم ماهی استخوانی را منجمد کرد. با این حال اسپرم و تخمک برخی از صدف‌ها با موفقیت منجمد شد. لاروهای دوکفه‌ای (اویستر، اسکالوپ، ماسل و کالم) برای انجماد مناسب هستند. در حال حاضر چندین تحقیق ملی برنامه بانک ژن دوکفه‌ای را هدف قرار داده‌اند. بانک‌های ژن در حال حاضر باید اسپرماتوزوای ماهی یا تخم و لارو دوکفه‌ای را هدف قرار دهند.

اسپرم منجمد تخم و لارو در نیتروژن مایع ذخیره می‌شود. ذخیره‌سازی امن باید در یک مرکز پرورش دام با قابلیت فضا و نیروی انسانی انجام شود. نگهداری در سایت دیگر یک محافظ اضافی است اما فقط برای مجموعه‌های کوچک کاربردی است. اگر اسپرم گونه‌های حفاظت شده قبل از آن منجمد نشوند هزینه اصلی این نوع بانک‌های موجود در توسعه یا دستیابی به این فناوری هستند. منابع شامل اطلاعات دانشگاهی و محققان دولتی هستند اگرچه برخی از مزارع پرورش ماهی خصوصی نیز در تکنیک‌های موجود سرمایه‌گذاری کرده‌اند.

۵-۱۰- راهنمایی در مورد بلنک‌های ژن زنده (مجموعه‌های نگهداری

(مولد)

نمونه‌های جدا شده «خالص» لاین مولد از ماهی‌های زنده بخشی از برنامه‌های مراکز تکثیر در مقیاس بزرگ هستند که ماهی را برای فروش به مزارع دیگر می‌برند تا برای حفاظت و رهاسازی به طبیعت تولید شوند. الزامات اصلی این یا هر نوع بانک ژن زنده دیگر این است که ذخیره نگهداری شده امن باشند و تنوع ژنتیکی آن‌ها حفظ شود. آن‌هایی باید تکثیر شوند که فشار انتخابی را تحمل می‌کند و ناگزیر آن‌ها را از حالت وحشی اصلی آن‌ها دور می‌کند (نگاه کنید به فصل ۳ و ۹). تکثیر در اسارت جمعیت ماهی در معرض خطر به بخشی از بانکداری ژن تبدیل شده است. ماهیان مولد مجموعه‌ها همچنین می‌توانند در آزمایشگاه‌های تحقیقات دانشگاهی و آبزیان عمومی نگهداری شوند.

۶-۱۰- مدیریت داده‌ها

در حالی که تلاش زیادی برای تهیه نرم‌افزار مدیریت گیاه و الحاقات بانک ژن دام و توافقی‌نامه‌های بین‌المللی انجام شده است و در مورد بانکداری ژن استانداردسازی شده است اکثر بانک‌های ژن ماهی‌ها هنوز به سیستم‌های ثبت اسناد خام داخلی و نرم‌افزار صفحه گسترده موجود متکی هستند. اکثر این سیستم‌های تولید شده وقتی درخواست ثبت سوابق خوب در مورد برداشت مبادله و جایگزینی ارائه دهد پاسخگو نیستند. هیچ‌یک از آن‌ها نمی‌توانند طیف وسیعی از داده‌ها را که در بلنک ژن گیاهان و دام‌ها را در اختیار دارند نگهداری کنند. در حالی که این الزامات بانکداری ژن ماهی است و بسته به مکان و نوع بانک باید بتواند داده‌هایی را که تا حدودی متفاوت خواهد بود که شامل منشأ (آنچه جمع‌آوری شده کجا و توسط چه کسی و تحت چه ترتیب قانونی) شناسایی (گونه‌ها و در صورت امکان ژنتیک جمعیت) و استفاده بعدی (حذف و رسوب مجدد نمونه‌ها توسط چه کسی و به چه منظور) است محاسبه کند (۱۳۲).

۷-۱۰- پیامدهای سیاست

با توجه به ظروف مناسب حمل و نقل منابع ژنتیکی منجمد بسیار آسان‌تر از جابه‌جایی افراد زنده در هر مسافتی است. کسانی که این کار را می‌کنند باید از قوانین ملی و بین‌المللی در مورد معرفی

انتقال و کنترل بیماری آگاه باشند.

تعداد کمی از دولت‌ها حتی آن‌هایی که عضو CBD هستند سیاست‌هایی در مورد بانکداری ژن آبری دارند. با این حال CBD دقیقاً این اصول را در خود جای داده است که چنین سیاستی را یعنی دسترسی به منابع ژنتیکی و اشتراک منافع حاصل از آن‌ها می‌طلبد. این اصول هر گروه احتمالاً علاقه‌مند به بانکداری ژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد: جوامع، صنعت آبری پروری، گروه‌های بومی، سازمان‌های غیردولتی و وزارتخانه‌های شیلات و محیط‌زیست. دسترسی به منابع ژنتیکی به‌ویژه آن‌هایی که از زیستگاه طبیعی خود خارج شده و برای استفاده بعدی آن ذخیره شده‌اند می‌تواند به سرعت از نظر سیاسی یا قانونی دشوار شود. بنابراین هر گروه باید قبل از شروع سیاست‌های سایر گروه‌های درگیر در یک برنامه بانک ژن را درک کند و توافق قبلی در مورد دسترسی نحوه ذخیره‌سازی و استفاده از آن منابع را بداند. تاکنون هیچ قالب استاندارد یا اصول کلی درباره چنین توافقی‌نامه‌هایی ویژه منابع ژنتیکی آبریان وجود ندارد.

آژانس‌های مدیریت و توسعه منابع به‌ویژه آژانس‌های بین‌المللی باید در جهت استانداردسازی اصطلاحات سیاست‌ها فناوری‌ها و نگهداری سوابق اقدام کنند. ممکن است لازم باشد سیاست‌های اضافی همان‌طور که زمینه توصیف منابع ژنتیکی پیشرفت می‌کند تدوین شود.

۸-۱۰- تأسیس یک بانک ژن آبریان

برای هر گروهی که مایل به ایجاد بانک ژن آبری طبیعی (زنده) است موارد زیر مراحل باید دنبال شود:

- یک نهاد طولانی‌مدت برای برنامه پیدا کنید (به عنوان مثال ماهیگیری یا آژانس کشاورزی) و مکانی طولانی‌مدت برای امنیت ذخیره‌سازی (به عنوان مثال ایستگاه تخلیح دام دولتی یا خصوصی)؛
- بودجه کوتاه‌مدت امن (به عنوان مثال آژانس‌هایی که گرانت می‌دهند) برای تحقیق و بودجه طولانی‌مدت (در درجه اول دولت) برای ذخیره‌سازی امن در نظر داشته باشید؛
- این فناوری را از دانشگاه یا تحقیقات داخلی تأمین مالی کنید مانند بالا؛
- به‌طور منظم کارکنان حوزه را در زمینه فناوری، مدیریت داده، مجوز و قانون‌گذاری آموزش دهید؛

- در برنامه مدیریت بانک ژن لحاظ کنید همه قوانین و مقررات مربوط به محیط زیست و شیلات از جمله کسانی که در کنترل بیماری انتقال حیوانات زنده، گونه ها و گونه های در معرض خطر هستند باید بررسی شوند؛
- برای دستیابی و انتشار مواد و به ویژه با توجه به دسترسی به منابع ژنتیکی و به اشتراک گذاری مزایای ناشی از استفاده از آن سیاست های لازم را تدوین کنید؛
- ایجاد لینک به ارائه دهندگان داده های مرتبط در مورد دسترسی (برای مثال تجزیه و تحلیل DNA مدرن و امکان توصیف ساختار ژنتیکی را فراهم می کند : یک سیستم بانکی استاندارد ژن آبری شامل نتایج چنین تجزیه و تحلیلی است)؛
- تهیه بیانیه مأموریت و استخدام یک متخصص ارتباطات برای اهداف که شرایط استفاده و سیاست های بانک ژن را با همه شرکا ارتقا می دهد.

۱۱- یک رویکرد پیشگیرانه (۱۳۳)

برای اطمینان از پیشرفت آبی پروری به روشی مسئولانه جامعه بین الملل از طریق کنوانسیون بیولوژیکی تنوع (CBD) و این نامه برای ماهیگیری مسئولانه فائو و بسیاری از دولت های ملی سازمان های غیردولتی و دیگران خواستار یک رویه احتیاطی تصویب این قانون هستند.

همه پیشرفت ها تأثیر دارند. جامعه آرزو دارد از فناوری های جدید و گونه های بهبود یافته ژنتیکی برای توسعه پرورش بهره مند شود در حالی که در همان زمان جامعه انتظار دارد که دولت از آن در برابر مضرات محافظت کند. آثار این توسعه متعادل کردن پیشرفت توسعه و تأثیرات سوء ناشی از پیشرفت رویکرد احتیاطی به استفاده از گونه های تغییر یافته ژنتیکی در آبی پروری است (فصل ۲).

هنوز سطح بالایی از عدم اطمینان و بحث در مورد احتمال و بزرگی بسیاری از تأثیرات سوء گونه های تغییر یافته ژنتیکی بر محیط زیست و تنوع زیستی آبیان وجود دارد. درک فعلی از بسیاری از گونه ها، اکوسیستم های آبی و ساختار آن ها برای پیش بینی دقیق چگونگی ایجاد یک جامعه بیولوژیکی یا اکوسیستم کافی در پاسخ به معرفی گونه های تغییر یافته ژنتیکی وجود ندارد.

۱۱-۱- یک رویکرد

رویکرد حمایتی پیشگیرانه ارائه شده توسط سازمان فائو و CBD اعلام می کند که در صورت بروز تهدیدهایی با مخاطرات جدی و بازگشت ناپذیر، عدم تکامل قطعیت علمی به عنوان راهکاری برای به تعویق انداختن اقدامات مقرون به صرفه باهدف جلوگیری از تخریب محیط زیست نباید مورد استفاده قرار گیرد. عوامل مؤثر بر توسعه رویکردهای حمایتی پیشگیرانه در صید ماهیان و گونه های معرفی شده در آبی پروری به شرح زیر است (۱۳۴):

تعریف نقاط مرجع عبارت است از: تعیین مکان های هدف مناسب جهت پیشگیری از مخاطرات تبیین آثار نامطلوب و محدودیت های حاصل از این مخاطرات در این نواحی. مثلاً تعیین حداکثر ظرفیت صید پایدار در نقاط مرجع می تواند یکی از اهداف حمایتی و پیشگیرانه باشد؛ چرا که احتمال وقوع فرار ماهیان از مزارع آبی پروری در نقاط مرجع در طبیعت محدود است. فهرستی از توانمندی های نقاط مرجع در جدول ۱-۱۱ ارائه شده است. توسعه کمی نقاط مرجع ارائه شده در این جدول می بایست برعهده مدیران منابع باشد.

جدول ۱-۱۱- امکان ایجاد نقاط مرجع در مدیریت منابع ژنتیکی در آبی پروری بر مبنای رویکرد حمایتی پیشگیرانه سازمان فائو و CBD (به ترتیب حروف انگلیسی T و L هدف و محدودیت‌های این نقاط را در جدول نشان می‌دهند)

هدف از ایجاد نقاط مرجع	معیار سنجش و ارزیابی نقاط مرجع
ژنتیک	
ایجاد سطح قابل قبول همخونی (L)	ضریب همخونی (F)(فصل ۳)
ایجاد سطح قابل قبول از جریان ژن / ایجاد تداخل ژنی ^{۱۱۵} بین ذخایر پرورشی و وحشی (L)	- تعداد تبادل ژنی بین ماهیان وحشی و پرورشی - تغییر بسامد ژنی ^{۱۱۴} در ذخایر ماهیان وحشی
ایجاد سطح قابل قبولی از ماهیان به منظور استفاده به عنوان ماهیان مولد (T)	- تعیین اندازه جمعیت مؤثر در ماهیان مولد (Ne)(فصل ۳)
تضمین تولید محصول عقیم ^{۱۱۶} (تری‌پلوئید) در آبی پروری	تعداد ماهیان تری‌پلوئید تولید شده در هچری‌ها
حفاظت از ژن‌های کمیاب در پرورش (T)	- تعیین اندازه جمعیت مؤثر در ماهیان مولد (Ne)(فصل ۳) - بسامد ژنی ذخایر موجود در هچری‌ها
فراوانی ذخایر بومی	
ارزیابی آثار فرار ماهیان	- شمارش تعداد ماهیان فراری از مزارع آبی پروری

¹¹⁴Gene frequency

¹¹⁵introgression

¹¹⁶Sterile aquaculture

- تعیین درصد کاهش ماهیان بومی	
- کاهش اندازه جمعیت در بازه زمانی معین مثلاً (۱۰ سال / سه نسل)	تعیین سطح خطرپذیری (L)
- میزان تلفات صید - ارزیابی حداکثر صید پایدار	تعیین حد مجاز اثرات صید و صیادی (T and L)
- اندازه جمعیت مؤثر - احتمال انقراض گونه در بازه زمانی مشخص (مثلاً: ۵ سال) - کاهش اندازه جمعیت (کاهش اندازه جمعیت در بازه زمانی مشخص)	ارزیابی ریسک خطر انقراض (L)
پاتوژن‌ها	
- تعیین سطح پاتوژن‌های خاص در میان جمعیت‌های وحشی و پرورشی که غالباً مقدار صفر از پاتوژن‌ها در نقطه هدف یا محدودیت در نقاط مرجع در نظر قرار دارد.	جلوگیری از شیوع بیماری (L)

• همچنین می‌بایست کارایی نامطلوب اقدامات اصلاحی یا پیشگیرانه شامل منع یا توقف اجباری فعالیت‌هایی که منجر به بروز خطرات جبران‌ناپذیر شده یا آثار مخرب غیرقابل قبول دارند تعریف و مشخص شود. بنابراین قبل از هرگونه توافق یا احتمال اجرای برنامه‌ها در بازه زمانی مشخص یا بروز آثار نامطلوب مشخص برای اجرای رویکرد موردنظر می‌بایست محدودیت‌های نقاط مرجع تعیین شود. بنابراین پایش فعالیت‌های آبی پروری ضرورت شناسایی گونه‌های محلی و محیط‌زیست آن‌ها برای دستیابی به نقاط مرجع لازم است. برخی از فعالیت‌ها نظیر: تلاش برای تولید ماهیان عقیم (تری‌پلوئید) به عنوان جایگزینی برای گونه‌های محلی یا تغییر محیط یا محل استقرار تأسیسات و تجهیزات آبی پروری و یا بالعکس یکی از مشکلات به

شمار می‌رود. در صورتی که از شیوه‌های مطلوب آبی‌پروری در این بخش استفاده شود عوارض و مخاطرات ناشی از تولید به حداقل رسیده و همچنین می‌توان جهت اجرای یک رویکرد توسعه‌ای در این عرصه برنامه‌ریزی نمود.

- اولویت در این موضوع حفظ ظرفیت تولید منابعی است که احتمالاً تحت تأثیر توسعه قرار می‌گیرند. در خصوص صید آبزیان هنگامی که احتمال برداشته بی‌رویه ذخایر وجود دارد اولویت اصلی حفظ ذخایر آن‌ها را به عنوان یک اقدام پیشگیرانه و حمایتی در نظر داشت؛ این روش می‌تواند در آبی‌پروری کاربرد داشته باشد؛ زیرا ریسک حضور گونه‌های تغییر ژنتیکی یافته در آن منطقه وجود دارد. تولید و حفظ ذخایر محلی می‌تواند از بروز این قبیل تغییرات جلوگیری کرده و توسعه آبی‌پروری را با ایجاد مزارع آبی‌پروری در نقاطی که منابع محلی ارزشمند در دسترس است به دنبال داشته باشد (فصل ۹).

- آثار توسعه می‌بایست طی دو تا سه دهه برگشت پذیر باشد. استفاده از این عناصر برای گونه‌های مهم بادوام تغییر ژنتیک یافته به عنوان یک رویکرد غیرپیشگیرانه به شمار می‌رود. بنابراین در هر جا نمی‌توان از مدل رویکرد حمایتی پیشگیرانه ارائه شده توسط سازمان فائو و CBD بر اساس مکانیزم توسعه پیروی کرد. گونه‌هایی که در عرصه آبی‌پروری معرفی می‌شوند عمدتاً قابلیت خودپایداری^{۱۱۷} طبیعی جمعیت را در محیط داشته و حذف این گروه از جوامع (بر مبنای اثرات برگشت پذیری ضربه‌ای) در محیط‌های دریایی، آب‌های داخلی بزرگ و تالاب‌ها و سیستم‌های رودخانه‌ای عظیم غیرممکن و یا دشوار است.

مسئولیت اثبات ادعاهایی^{۱۱۸} که در بالا شرح آن رفت، باید مطابق با الزامات، استانداردها، تبیین مزایا و مخاطرات انجام این فرایند در محیط (مکان انتخابی) صورت گیرد. مثلاً: وجود سطح بالایی از استاندارد، نیازمند ارزیابی ریسک و منافع تولید حداکثری و تبیین رابطه منافع ریسک در آن نقطه است. بهره‌گیری از رویکرد حمایتی و پیشگیرانه گاه بدین معناست که ادعای صورت گرفته را باید پیشنهاددهندگان یا کسانی که برنامه‌های

¹¹⁷Self- sustain

¹¹⁸Burden of proof: مورد قبول همگان قرار ندارد

توسعه منابع را ارائه داده‌اند اثبات کنند (مثلاً در عرصه آبی پروری ضروری است ثابت شود که گونه معرفی شده به آسانی قابل بهره‌برداری بوده و گونه‌های تغییر ژنتیکی یافته اثر سوء بر محیط معرفی شده ندارند). این شیوه بهترین رویکرد اجرایی است تا زمانی که خلاف آن ثابت شود. به کارگیری چنین رویکردی در شرایط واقعی بسیار دشوار است. بنابراین برای اعلان موارد مجاز و یا ممنوعیت فعالیت‌های آبی پروری باید از اطلاعات و مستندات و نظرات علمی بهره جست.

۲-۱۱- نتیجه‌گیری

استفاده از یک رویکرد حمایتی پیشگیرانه باید بتواند سازوکارهایی جهت مقابله با مشکلات احتمالی را تبیین نموده و بیانگر میزان احتمال رخداد آن بر اساس مکانیزم‌های معین باشد که این مکانیزم‌ها می‌تواند در برگیرنده سیاستگذاری‌های اجرایی درون و بین سازمانی، طرح‌ها و برنامه‌های مدیریتی، مدیریت ریسک، پایش سیستم‌ها و تغییرات مدیریتی یا توسعه بر اساس تجربه باشد. بنابراین در مدیریت تطبیقی استفاده از چنین رویکردی بسیار رایج است. ضرورت ارزیابی آثار زیست‌محیطی بر مبنای کدهای عملیاتی ارائه شده در کشورهای توسعه یافته نظیر مواردی که در اتحادیه اروپا (۱۳۵)، اتحادیه بین‌المللی اکتشافات دریایی و کمیسیون مشاوره‌ای شیلات در آب‌های داخلی اروپا (ICES/ EIFAC¹¹⁹) (فصل ۵) موجود است ابزارهای پیشگیرانه عالی برای کمک به تشخیص شیوه استفاده از گونه‌های تغییر ژنتیکی یافته به شمار می‌روند.

رویکرد پیشگیرانه فعالیتی است که باهدف مقابله با حوادث احتمالی همگام و یا پیش روی توسعه به کار می‌رود. این رویکرد خواستار کاهش انجام مطالعات و به کارگیری حداقل تلاش برای جمع‌آوری داده هنگام وقوع رخداد نیست بلکه این فرایند می‌بایست با دسترسی به بهترین (ارزشمندترین) داده‌های علمی موجود و ارتقاء و به‌روزرسانی داده‌های در دسترس عملیاتی شود.

همان‌طور که در فصل ۷ به آن اشاره شده است کارایی رویکرد پیشگیرانه عبارت از

¹¹⁹International Council for the Exploration of the Sea and the European Inland Fisheries Advisory Commission

ارزیابی مزایا و مخاطرات موجود در فعالیت‌های شیلاتی است. بنابراین رویکرد پیشگیرانه در مناطقی که نیازمند افزایش میزان تولید پروتئین و فعالیت‌های اقتصادی آبی‌پروری و استفاده از گونه‌های تغییر ژنتیک یافته ممکن است مزیتی برای توسعه و ترویج سایر نمونه‌های کشاورزی یا توسعه آن‌ها را فراهم نکند. بنابراین انتظار می‌رود در نواحی که مزایای بیشتری دارند توجه به زیرساخت‌ها و انجام بالاترین سطح از ارزیابی ریسک ضرورت داشته و درعین حال نیازهای نسل‌های آتی در این نواحی باید در نظر گرفته شود. به‌ویژه اگر انجام مداخلات کوتاه‌مدت مخاطره‌ای برای حفظ وسعت دسترسی گونه‌های موجود در آن نقطه و استفاده منابع ژنتیکی وحشی و اکوسیستم‌های آبی ایجاد کند.

بهره‌برداری از گونه‌های تغییر ژنتیکی شده در آبی‌پروری برحسب رویکرد حمایتی پیشگیرانه نیازمند هماهنگی فعالیت‌ها بین بخش‌های حفاظتی، مدیریت، پایش و تحقیقات است. در حال حاضر سنجش آثار سوء مدیریت در نقاط مرجع به‌علت دارا بودن سطح قابل قبولی از تنوع ژنتیکی یا فراوانی تعداد ماهیان فراری از مزارع پرورش آبیان الزامی است. بنابراین کشورها باید تلاش کنند اطلاعات را به سیاستگذاران ملی و سازمان فائو ارائه کنند تا با به‌کارگیری اطلاعات به دست آمده بر مبنی رویکرد پیشگیرانه بهره‌برداری نمایند تا بتوانند علاوه بر کاهش میزان عدم اطمینان داده‌های به دست آمده آن‌ها را جهت آموزش و بهره‌مندی سطح وسیعی از مخاطبان ارائه نمایند.

۱۲- روابط عمومی و آگاهی به مصرف‌کننده (۱۳۶)

۱۲-۱- مقدمه

پذیرش و مصرف آبریان پرورشی تغییر ژنتیکی شده توسط مصرف‌کنندگان در موفقیت برنامه اصلاح نژاد بسیار حائز اهمیت است؛ چراکه نه تنها تصمیم مصرف‌کننده مبنی بر خرید (استفاده) یا عدم مصرف این گروه از آبریان در میزان توفیق این برنامه مؤثر است بلکه عملکرد آن‌ها در این خصوص می‌تواند بر فرایند سیاست‌گذاری و قوانین مربوط به واردات این گروه از آبریان تأثیرگذار بوده و سیاست‌گذار را تحت فشار قرار دهد.

فراخوان و اطلاع‌رسانی عمومی در آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه به‌جز در مورد کلیات آیین‌نامه در نظر گرفته نشده است. به استناد ماده ۱۶-۶ این آیین‌نامه به اصول کلی که دولت‌ها بر اساس آن می‌بایست ترویج و آموزش شیلات در عرصه‌های صید (آبرزی پروری) را ارتقاء دهند می‌پردازد. با این حال رشد فزاینده اقبال عمومی مصرف محصولات آبریان پرورشی تغییر ژنتیکی شده در معیشت مردم و اثرات بالقوه آن بر محیط‌زیست نقش بسزایی دارد. آیین‌نامه کنوانسیون تنوع زیستی و دستور جلسه ۲۱ مشترکاً افزایش آگاهی عمومی برای بالا بردن مشارکت عمومی مؤثر در تصمیم‌گیری و توسعه پایدار را حائز اهمیت می‌دانند (۱۳۷).

این فصل تصمیم‌گیرندگان را از برخی مسائل درباره روابط عمومی مشکلات ناشی از کمبود اطلاعات یا دیدگاه‌های مختلف در این خصوص آگاه می‌کند. هر دو گروه از این مشکلات مرتفع خواهد شد اگر ارتباط مناسبی بین کاربران و مدیران تکنولوژیکی ژنتیکی ایجادکننده ارتباط با لاین‌ها و نگهداری ذخایر و... برقرار شود. اهداف این فصل ایجاد ارتباط و آگاهی بین تصمیم‌گیرندگان و مصرف‌کنندگان تکنولوژی‌های ژنتیکی در مورد برخی از مسائل غیر تکنولوژیکی است که می‌تولند میزان موفقیت برنامه‌های مدیریت منابع ژنتیکی را تحت تأثیر قرار دهد که همگام با معرفی عناصر مؤثر بر تبیین استراتژی روابط عمومی و انتشار دقیق اطلاعات می‌باشد.

۲-۱۲- استراتژی ارتباطات

از آنجاکه استفاده از واژه‌ها و عبارات گیج‌کننده و غیر رایج ادعاهای مبالغه‌آمیز در مورد موفقیت یا عدم موفقیت آن موضوع تلاش‌های گسترده در جهت پنهان کردن اطلاعات یا نقش افکار عمومی بر گمراهی مصرف‌کننده حتی بی‌اعتمادی به فناوری‌های ژنتیکی و عدم آگاهی عموم مردم و یا اغلب کاربران در دنیا از فرایند تولید محصولات شیلاتی که منجر به سردرگمی ایشان می‌شود _ این مسئله بسیار مایه تأسف است _ استفاده از یک استراتژی ارتباطی برای کمک به ترویج استفاده مسئولانه از تکنولوژی‌های ژنتیکی ضروری بوده و به‌کارگیری مسئولانه از فناوری‌های ژنتیکی مناسب می‌تواند مزایای بی‌شماری برای مصرف‌کننده و محیط‌زیست داشته باشد.

استراتژی ارتباطی باید دارای اهداف و مخاطب مشخص و تعریف شده باشد. یک رویکرد ارتباطی موفق در «فریم بندی» موضوع است (۱۳۸). کادربندی عموماً بر بخش‌های خاصی از یک موضوع (در داخل قاب) درحالی‌که جنبه‌های دیگر (خارج از قاب) را حذف می‌کند تا هدف و جلب حمایت مخاطبان را ملاقات کند (به عنوان مثال مصرف‌کننده یا سیاست‌گذار). در یک استراتژی برای ترویج پذیرش ماهی بهبود ژنتیکی یافته قاب می‌تواند شامل صرفه‌جویی در هزینه‌های رشد یا خرید ماهی‌هایی که می‌تواند کارآمدتر تولید شود، باشد و روی جزئیات فنی نحوه تولید ماهی تمرکز نکند.

استراتژی ارتباط می‌بایست مبتنی بر اهداف و مخاطبان مشخص باشد. به منظور ایجاد یک رویکرد ارتباطی موفق تبیین موضوع در این زمینه و ایجاد چهارچوب اصلی برای ارائه این مسئله و حذف مسائل حاشیه‌ای آن به منظور دسترسی عینی به آن هدف و حمایت از کاربران مختلف آن موضوع است (مانند: سیاست‌گذاران یا بهره‌برداران). به‌عنوان مثال در استراتژی پذیرش و ترویج ماهیان اصلاح نژاد شده قالب تعریف شده می‌تواند مشتمل بر صرفه‌جویی هزینه تولید در مرحله رشد یا خرید ماهی با هدف حداکثر کارایی تولید باشد نه اینکه بر روی جزئیات تکنیک اجرای تولید ماهی تمرکز شود.

یک استراتژی ارتباطی ممکن است مجبور باشد موضوع را با «قالب مجدد» تغییر دهد. به عنوان مثال برخی از گروه‌ها آبی پروری را به عنوان استفاده از آن «قاب» زمین و

ماهی طبیعی برای تولید غذای آبزیان تولید کنند. با تأکید بر کاهش نیازهای زمین و غذا مرتبط با تولید ماهی‌هایی که از نظر ژنتیکی بهبود یافته‌اند، می‌توان بحث را در قالب‌های مثبت‌تر روشن «بازنگری» کرد (جدول ۱۲.۱).

جدول ۱-۱۲- چهارچوب مدیریت ژنتیکی در آبی‌پروری که به عملکرد مؤثر پذیرش و ترویج برنامه ارتقاء ژنتیکی کمک می‌کند.

پیشنهادها با تأکید بر چهارچوب جدید	چهارچوب فعلی تکنولوژی‌های ژنتیکی
فناوری‌های ژنتیکی مقرون به صرفه با تولید ارگانسیم‌هایی که رشد مطلوبی داشته و از کمترین ورودی‌ها استفاده می‌کنند. از فناوری‌های ژنتیکی می‌توان برای تولید رنگ یا شکل خاص از ماهی که نزد مصرف‌کننده از مقبولیت بیشتری برخوردار است استفاده کرد.	فناوری‌های ژنتیکی پرهزینه است.
فناوری‌های ژنتیکی غالباً بر اساس شیوه‌های سنتی اصلاح نژاد دام بوده و استفاده از فناوری‌های ژنتیکی در زیست‌شناسی تولیدمثل آبزیان کارایی تکنولوژی را تسهیل می‌کند.	فناوری‌های ژنتیکی پیچیده است.
به کارگیری فناوری‌های ژنتیکی در آبی‌پروری می‌تواند منجر به کاهش مخاطرات سوء زیست‌محیطی شود. همچنین این تکنولوژی قادر است با تولید موجوداتی با کمترین تحرک و رشد، تعامل حداکثری با نمونه‌های وحشی، تولید موجودات دارای بالاترین کارایی رشد با حداقل عوارض در محیط‌زیست، مقاوم در برابر احتمال سرایت بیماری و مصرف حداقل محصولات دارویی در هنگام مواجهه با بیماری داشته باشد که به حفظ محیط‌زیست کمک کند. مدیران منابع ژنتیکی آبی‌پروری باید در برنامه‌های خود میزان ارزش‌گذاری خود به	فناوری‌های ژنتیکی برای تنوع زیستی گونه‌های بومی و محیط‌زیست زیان‌آور است.

	حفظ ذخایر و تنوع زیستی گونه‌های وحشی را نشان دهند که این موارد، مواد خام (پایه) تمام برنامه‌های اصلاح نژاد بهبود ژنتیکی به شمار می‌رود.
کاهش سود هزینه تولید در نهایت به نفع مصرف‌کننده خواهد بود	فناوری‌های ژنتیکی به نفع شرکت‌های بزرگ
فناوری‌های ژنتیکی می‌تواند منجر به تولید ماهی سالمی شود که هیچ ماده مضر نیز در خویشتان وحشی آن وجود ندارد.	فناوری‌های ژنتیکی تولید محصولاتی را در پی دارد که مصرف‌کننده به علت ناسالم بودن، بدطعم و سفت بودن از مصرف آن هراسانند.
اهلی کردن نمونه‌های بهبود ژنتیکی شده و کارایی تولید گونه‌های پرورشی اصلاح ژنتیکی شده بدین منظور صورت می‌گیرد که محیط پرورش آن‌ها دارای حداقل استرس، تغذیه بهتر و پایین‌ترین سطح از تعاملات تهاجمی باشد که مستعد ایجاد بیماری است.	فناوری‌های ژنتیکی برای موجودات پرورشی مضر است.

هیچ‌یک از موارد فوق به این معنی نیست که مروجان مدیریت منابع ژنتیکی باید اطلاعات را پنهان ممنوع یا تحریف کنند. آن‌ها باید با انتشار اطلاعات مثبت و دقیق در مورد مزایای مدیریت منابع ژنتیکی فعال بوده و سایر مواردی را که می‌تواند به تدوین یک چهارچوب صحیح که در بخش بعد به آن اشاره شده است کمک کننده باشد، ارائه نمایند.

۱-۲-۱۲- مخاطبان خود را بشناسید

شناخت مخاطبان شما اساسی‌ترین قانون آگاهی عمومی است که عموماً از گروه‌های متنوع و متعددی با علایق مختلف تشکیل شده است. این گروه‌های متنوع و مختلف نیازهای اطلاعاتی آن‌ها را مشخص می‌کند. جامعه‌شناسی فعلی تحقیقات نشان داده است که مردم اغلب تصمیمات را از علم یا منطق نمی‌گیرند اما در مورد پیش‌گفته‌های عمیق یا اصول بسیار ساده است.

مصرف کنندگان می خواهند نسبت به آنچه می خردند احساس خوبی داشته باشند؛ زیرا برای سلامتی شان محیط زیست خوب است؛ زیرا مصرف کنندگان ممکن است دیدگاه خاصی داشته باشند که تغییر آن دشوار است و همچنین تغییر قوانین موجود نیز دشوار است. به همین جهت باید از طریق فرم های نظرسنجی اطمینان یافت که کدام فناوری استفاده شده در تولید ژنتیکی را (که محدودیت حقوقی و تجاری ندارد) عموم مردم می پذیرند. مثلاً ترکیبی از بین گونه های مختلف ممنوع است یا نیاز به مجوزهای ویژه دارد. در بعضی مناطق اگرچه در حال حاضر هیچ آبری اصلاح شده ژنتیکی (GMO) (به عنوان مثال تراریخته ها) در دسترس مصرف کنندگان وجود ندارد بعضی از آن ها احتمالاً در آینده توسعه و تصویب می شود. بنابراین مقبولیت این فناوری قبل از استفاده مصرف کننده و شریک تجاری باید بررسی شود.

۲-۲-۱۲- ایجاد شرکایی برای کمک به ارتقای برنامه های مدیریت

ژنتیکی

طرفداران فناوری های ژنتیکی در آبری پروری باید با بسیاری از ذی نفعان که مسئولیت پذیری مورد قبول مصرف کنندگان و سیاست گذاران را دارند برای اطمینان از فرصت دادن به فناوری ها با همدیگر شریک شوند (همچنین نگاه کنید به فصل ۹ رویکردهای چندبخشی). در آبری پروری به دلیل استفاده بیش از حد از ورودی های خاص آثار نامطلوب زیست محیطی ایجاد می شود و از تخلیه زیاد آلاینده ها انتقاد می شود. برنامه های ژنتیکی آثار این موارد را از طریق تولید کارآمدتر کاهش می دهد و باید در صنعت آبری پروری و بخش های حفاظت به صورت گسترده به کار گرفته شود. مشارکت باعث افزایش اعتماد به نفس در محصول تولید شده و اعتبار آن توسط برنامه های بهبود ژنتیکی در اطلاعات منتشر شده می شود. «کنسرسیوم میگو» (۱۳۹) متشکل از گروه های توسعه بین المللی حفاظت و مؤسسات اهداکننده بسیار عالی است که نشان می دهند چگونه چنین مشارکتی می تواند در ارتقا برنامه های بهبود ژنتیک مؤثر باشد.

اخیراً در مورد نقش آبری پروری در «پر کردن شکاف تأمین» ناشی از تولید محدودیت صید، تنها راه حل برای این مشکل است و برنامه های بهبود ژنتیکی می توانند به حل این مشکل کمک کنند. تعارضات بین آبری پروری و صید بر اساس رقابت و دسترسی به منابع توسعه یافته است و می تواند

تهدیدی برای هر دو باشد. برای حفظ و حراست از منابع آبزیان وحشی (فصل ۹) و برای کمک به ارتقا مشارکت و جلوگیری از درگیری باید تلاش شود.

باید در نظر داشت که مناطقی وجود دارد که برای تکثیر و پرورش آبزیان مناسب نیست بدون در نظر گرفتن اینکه آیا از فناوری‌های ژنتیکی استفاده می‌شود یا نه. بهتر است وقت خود را صرف جنگیدن در این نبردها نکنید؛ زیرا ممکن است شریک را از بین ببرد و منجر به شکست عملیات آبی‌پروری شود. استراتژی‌های دوقلوسازی (فصل ۹) و تعیین مناطقی که پرورش آبزیان محدود یا استثنا شده است باید با صدای بلند توسط بخش آبی‌پروری گفته شود تا مناطق دیگر مناسب برای آبی‌پروری بیشتر شود. آبی‌پروری می‌تواند با استفاده از بهترین گونه‌ها و نژادهای موجود به‌طور کامل توسعه یابد.

۳-۲-۱۲- از بخش‌های دیگر بیاموزید

بخش‌های کشاورزی زمینی در استفاده از فناوری‌های ژنتیکی آبی‌پروری پیشرفته‌تر هستند و می‌توان درس‌های خوبی از آن‌ها گرفت. برخی از دروس شامل موارد زیر است:

اول باید تأکید کرد مزایای استفاده از ماهیانی که از نظر ژنتیکی بهبود یافته است برای مصرف‌کننده به‌خوبی تبیین شود. بخش بیوتکنولوژی گیاهی در حال تجربه است و با مقاومت شدید مصرف‌کننده در برابر استفاده از ارگانسیم‌های اصلاح شده ژنتیکی روبه‌روست. درحالی‌که بخش داروسازی به‌طور معمول از مهندسی ژنتیک مدرن با مقاومت عمومی کم استفاده می‌کنند. یکی از دلایل این امر درک عمومی است. مزایای مهندسی ژنتیک در گیاهان فقط برای بخش صنعت مفید است درحالی‌که استفاده از بیوتکنولوژی ژنتیکی که شرکت داروسازی از آن به نفع افراد بیمار استفاده می‌کند، درک می‌شود.

دوم مسائل اخلاقی مهم است. نگرانی‌های مصرف‌کننده برای رفاه دام‌های مهندسی ژنتیک و رشد عمومی شرایط حیوانات پرورشی ابراز شده است. نگرانی‌های مشابه در حد محدودی برای ماهیان پرورشی و تغییر یافته ژنتیکی به وجود آمده است. از تغییرات ژنتیکی که ممکن است تغییر شکل ایجاد کنند باید خودداری کرد و باید تأکید کرد که چقدر ماهی‌های بهبود یافته ژنتیکی به دلیل افزایش اهلی کردن باعث بهبود رفاه ماهی در پرورش می‌شوند. مسائل مربوط به امنیت

غذایی و حمایت از مالکیت معنوی که می‌تواند پرورش‌دهندگان را از داشتن غذای کافی محروم کند در بخش محصولات کشاورزی به وجود آمده است. بذره‌های محصولات ضروری برای جوامع روستایی از نظر ژنتیکی عقیم شدند. به‌طوری‌که پرورش‌دهندگان نتوانستند آن‌ها را دوباره بکارند. طرفداران بهبود ژنتیکی برنامه‌ها باید از چگونگی تأثیر پیشرفت ژنتیکی بر امنیت غذا جوامع روستایی آگاه باشند.

شورای سرپرستی نیروی دریایی و شورای سرپرستی جنگل این نامه خصوصی را تهیه کردند این این‌نامه و دستورالعمل موجود به معیارهای ژنتیک نمی‌پردازند. برخی از مجامع بین دولتی برچسب زدن برخی موارد را الزامی کرده‌اند. برخی از مجامع بین دولتی برچسب‌گذاری خاصی را برای محصولات زمینی از بیوتکنولوژی مدرن الزامی کرده‌اند (به‌عنوان مثال GMO) و برخی دیگر برچسب زدن ارگانیک به برخی از فناوری‌های ژنتیکی را اجازه نمی‌دهد. به روشنی از ماهیت حساس و پیچیده این رشته بحث در مورد نحوه استفاده اطلاعات ژنتیکی در این دستورالعمل‌ها هنوز به اندازه کافی در سطحی که در این زمان بتوان راهنمایی کرد پیشرفته نیست. توصیه می‌شود که مدیران منابع ژنتیکی و طرفداران فناوری‌های ژنتیکی در آبی‌پروری در این زمینه را که به سرعت در حال پیشرفت است دنبال کنند و طبق توصیه شرکای خود را برای کمک به توسعه یک راه آگاهانه برای پیشرفت و حرکت رو به جلو درگیر کنند.

۴-۲-۱۲- از اصطلاحات دقیق و منطبق با ملی و بین‌المللی استفاده

کنید

قانون‌گذاری رشته ژنتیک پیچیده و اغلب بحث‌برانگیز است. استفاده از اصطلاحات دقیق و صحیح و اصول به برقراری ارتباط اطلاعات مفید و دقیق و جلوگیری از مشکلات مرتبط و سوءتفاهم کمک خواهد کرد (به بخش «برخی اصطلاحات» در فصل ۲ مراجعه کنید). واژه‌نامه‌ها برای کمک به درک این عرصه پیچیده وجود دارد (۱۴۰).

۳-۱۲- نتیجه‌گیری

مزایای برنامه‌های مدیریت ژنتیکی در آبی‌پروری قابل توجه است اما غالباً عموم مردم و سیاست‌گذاران درک درستی از آن ندارند. ارتباط‌دهندگان (به پاورقی ۱۳۸ مراجعه کنید) اظهار

می‌دارند که ابتدا ایده‌های جدید توسط تعداد کمی از «مبتکران» پذیرفته می‌شوند سپس به آرامی دیگران آن را قبول می‌کنند. وقتی ۱۵ درصد از یک گروه این ایده را تصویب می‌کنند می‌تواند با موفقیت گسترش یابد. مروج ژنتیک فناوری‌ها و برنامه‌های تولیدمثل نیاز به برقراری ارتباط مثبت دارند. جنبه‌های این برنامه‌ها برای مخاطبان گسترده‌ای است و به دنبال مشارکت با آنهاست. سایر کاربران منابع آبی و جامعه مدنی برای رسیدن به سطح پذیرش این ۱۵ درصد کمک می‌کنند. استفاده مسئولانه از فناوری‌های ژنتیکی می‌تواند به آبی‌پروری با کارایی بیشتر و آثار زیست‌محیطی کمتر و تولید غذای بیشتری کمک کند. هنگامی که این امر را مخاطبان زیادی محقق سازند به پرورش آبیان در برنامه‌های توسعه جامعه محلی چندبخشی کمک می‌کند. این حقایق باید بخشی از یک استراتژی کلی ارتباطی باشد که به روابط و اعتماد مردم مصرف‌کننده به ماهی‌های بهبودیافته ژنتیکی کمک می‌کند.

پیوست ۱: بیانیه نایروبی

حفظ تنوع زیستی آبی و استفاده از انواع ژنتیکی بهبودیافته و گونه‌های غیربومی برای آبزیان در آفریقا

زمینه

ماهی منبع مهمی از پروتئین حیوانی برای مردم آفریقا است و منابع آبی نقش اساسی در تأمین معیشت روستایی و شهری دارند. سرانه عرضه ماهی برای بیشتر منطقه و کل قاره در حال کاهش است و پیش‌بینی‌های فعلی عرضه و تقاضا نشان می‌دهد که این شکاف در دهه‌های آینده نیز رو به رشد خواهد بود. اگر قرار است برای این شکاف پل زده شود صید باید پایدار باشد و پتانسیل آبی پروری مورد توجه قرار گیرد. در انجام این کار باید به حفاظت از آبزیان به‌ویژه تنوع غنی ماهیان آب شیرین و تنوع زیستی آفریقا توجه شود و نقش آن در حفظ صید پایدار و تهیه گونه‌های آبی پروری در نظر گرفته شود.

در حال حاضر سهم تولید ماهی از پرورش آبزیان در آفریقا کم است. با این حال با افزایش جمعیت و همراه با تقاضا برای ماهی بخش آبی پروری می‌تواند شاهد رشد تولید باشد. برای این اتفاق لازم است محدودیت‌های گسترده بررسی شده و طیف وسیعی از اقدامات مدیریتی در نظر گرفته شود و به مدیریت حوضچه‌ها و مولدین توجه شود و طیف گسترده‌تری از خوراک‌ها توسعه یافته و دسترسی به بازار باید بهبود یابد.

علاوه بر این پتانسیل قابل توجهی برای بهبود عملکرد نژادها و گونه‌های ماهی مورد استفاده وجود دارد. در حال حاضر بسیاری از ماهی‌هایی که در پرورش آبزیان استفاده می‌شوند در آفریقا از ذخایر وحشی هستند. این با محصولات گیاهی، دام و طیور که در آن‌ها افزایش زیادی در تولید از طریق استفاده از برنامه‌های اصلاح نژاد و سایر روش‌های بهبودهای ژنتیکی حاصل شده است مغایرت دارد. با این حال در حالی که گونه‌های بهبودیافته ژنتیکی و گونه‌های معرفی شده در آبی پروری پتانسیل افزایش تولید دارند خطر آشکاری برای فرار به طبیعت و تأثیرات منفی احتمالی بر تنوع زیستی وجود دارد. اگر پتانسیل کامل برای پرورش آبزیان پایدار باشد زمینه رفع نگرانی‌ها در آفریقا را فراهم می‌آورد.

توصیه‌ها

۱. بذر باکیفیت

با توجه به اینکه پرورش آبزیان از سیستم‌های مقیاس کوچک ورودی کم به مقیاس بزرگ سیستم‌های متراکم می‌توانند منافع بالقوه حاصل از تقویت ژنتیکی را به دست آورند بذر باکیفیت باید در دسترس و همراه با استفاده مناسب مولدین و مدیریت مزرعه باشد.

۲. ژنتیک در مدیریت مولدین

از آنجاکه می‌توان منابع ژنتیکی را در جمعیت‌های پرورشی با روش تکثیر در محیط اسارت تخریب کرد جنبه‌های ژنتیکی مدیریت مولدین نیاز اساسی در تمام برنامه‌های آبی‌پروری و بازسازی ذخایر است.

۳. معرفی‌های مسئولانه

معرفی ماهی از جمله نژادهای بهبودیافته ژنتیکی و گونه‌های غیربومی ممکن است در توسعه آبی‌پروری نقش داشته باشند. جابه‌جایی ماهی بین مرزهای طبیعی زیست‌محیطی (به‌عنوان مثال حوزه‌های آبخیز) ممکن است خطر تنوع زیستی داشته باشد و نیاز به تصفیه و استفاده گسترده‌تر از پروتکل‌ها، روش‌های ارزیابی ریسک و برنامه‌های نظارت برای معرفی ماهی از جمله گونه‌های اصلاح شده ژنتیکی و گونه‌های غیربومی دارد. دولت‌ها مسئولیت مهمی در توسعه و اجرای چنین پروتکل‌ها و مقررات مربوط ایجاد نقش‌های شفاف و مسئولیت‌ها و ظرفیت‌سازی دارند. چنین تلاش‌هایی باید به تعهدات مندرج در آیین‌نامه ماهیگیری مسئولانه کنوانسیون تنوع زیستی و سایر موارد توافقات بین‌المللی مرتبط پیوند خورده باشد.

۴. حفظ ذخایر وحشی

ذخایر وحشی منحصربه‌فرد گونه‌های مهم ماهی تیلاپیا هنوز در بسیاری از مناطق آفریقا موجود است. مناطق دارای اولویت باید به‌عنوان مناطق حفاظت‌شناسایی و مدیریت شوند. در این مناطق از معرفی گونه‌های غیربومی و سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی باید جلوگیری شود.

۵. مشکلات فرامرزی در انتقال ماهی

اکثر مسائل و مشکلات مربوط به جابجایی ماهی و استفاده از سویه‌های بهبودیافته ژنتیکی در اکثر کشورهای آفریقایی رایج است. کشورها تشویق می‌شوند: (الف) به مواردی فراتر از مرزها نگاه کنند و نمونه‌های قابل اجرا را جستجو کنند. خلأ سیاست‌ها و قانون‌گذاری‌ها را در صورت لزوم پر کرده و سیاست‌های ملی را تصویب کنند. شکاف‌ها را در صورت لزوم هماهنگ کنند. و (ب) از نهادهای منطقه‌ای موجود استفاده کرده یا نهادهای جدیدی را برای کمک به هماهنگی فعالیت‌های مدیریتی در نظر بگیرند. واقعیت‌های زیست‌محیطی به‌ویژه حوضه‌های آبخیز فرامرزی را در نظر بگیرند.

۶. تقویت دسترسی به اطلاعات

اطلاعات پایه‌ای درباره تنوع ژنتیکی ماهی، یکپارچگی محیط‌زیست و آبرزی پروری وجود دارد اما نه جامع و نه به‌راحتی در دسترس است. مکانیسم‌های موجود برای جمع‌آوری و انتشار اطلاعات باید تقویت شوند.

۷. کنترل انتقال پاتوژن

آیین‌نامه‌ها و پروتکل‌های پذیرفته شده بین‌المللی برای کاهش خطر ابتلا به حرکت مرزی پاتوبقه‌بندی (اصطلاح پاتوژن مورد استفاده در اینجا شامل انگل) از طریق حرکت ماهی از جمله گونه‌های غیربومی وجود دارد اما آن‌ها اشاره‌ای در مورد گونه‌های اصلاح شده ژنتیکی ندارند. دولت‌ها و سایر ارگان‌های مربوطه باید آیین‌نامه‌های موجود را ارزیابی کنند و پروتکل‌هایی برای کاهش خطر حرکت مرزی پاتوبقه‌بندی از طریق جلبه‌جایی از جمله گونه‌های غیربومی و از نظر بهبود تغییر ژنتیکی یافته و متناسب با شرایط آفریقایی تدوین کنند.

۸. افزایش آگاهی از خطرات معرفی ماهی

سیاست‌گذاران، سازمان‌های اجرایی، ذی‌نفعان و عموم مردم باید از موضوعات مربوط به سیاست جابه‌جایی گونه‌های غیربومی و گونه‌های تغییر یافته ژنتیکی آگاهی یابند و این موضوع مهم باید در دستور کار ملی قرار گیرد.

۹. درگیر کردن ذی‌نفعان

به نظر می‌رسد اجرای برخی سیاست‌های مربوط به جابه‌جایی ماهی دشوار و برای کاربران ناشناخته باشد و تضاد منافع ایجاد می‌کند یا به‌عنوان محدودکننده مشاهده می‌شود تا حدی به این دلیل که آن‌ها با مشاوره و مشارکت محدود توسعه یافته‌اند. تدوین سیاست و قانون‌گذاری در مورد جابه‌جای ماهی باید به دنبال درگیر کردن همه ذی‌نفعان در یک روند مشارکتی باشد. علاوه‌براین دولت‌ها باید گروه‌های مشورتی را در ارتباط با نهادهای متخصص دارای صلاحیت علمی مانند IUCN، FAO و ICLARM (اکنون مرکز جهانی ماهی) تشکیل دهند.

۱۰. مسئولیت در برابر اثرات سوء محیط‌زیست

اگرچه منافع اقتصادی می‌تواند از طریق استفاده از گونه غیربومی و یا گونه‌های اصلاح شده ژنتیکی در آبی‌پروری به دست آید در بسیاری از موارد منافع حاصل از هزینه‌های مرتبط با محیط‌زیست تأثیرات نامطلوب دارد. با توجه به این باید مسئولیت انطباق (به‌عنوان مثال مشوق‌ها) و ترمیم مجدد در چهارچوب سیاست‌ها و قوانین مربوط به انتقال و استفاده از گونه‌های ماهی غیربومی و از نظر ژنتیکی بهبود یافته در آبی‌پروری را نیز فراهم کرد.

منابع

1. www.biodiv.org
2. <http://www.cbd.int/biosafety/default.shtml>. As of August 2008, there were no aquatic GMOs being produced for human consumption.
3. http://www.ramsar.org/res/key_res_vi.2.htm
4. FAO. 1997. Aquaculture development. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 5. Rome, FAO.
5. FAO. 2007. Aquaculture development. 2. Health management for responsible movement of live aquatic animals. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 5. Suppl. 2. Rome, FAO. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1108e/a1108e00.pdf>
6. FAO/CGRFA. 2007. Report of the Eleventh Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. CGRFA-11/07/REPORT. <ftp://ftp.fao.org/ag/cgrfa/cgrfa11/r11repe.pdf>
7. Contributed by Douglas Tave.
8. An allele is an alternate form of a gene.
9. e.g. Kincaid, H.L. 1976. Effects of inbreeding on rainbow trout populations. Transactions of the American Fisheries Society, 105:273-280; Kincaid, H.L. 1976. Inbreeding in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 33:2420-2426; Su, G.-S.; Liljedahl, L.-E, Gall, G.A.E., 1996. Effects of inbreeding on growth and reproduction traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 142:139-148.
10. Ryman, N. 1970. A genetic analysis of recapture frequencies of released young salmon (*Salmo salar*) L. Hereditas, 5:159-160.
11. Dupont-Nivet, M.; Vandeputte, M.; Haffray, P.; Chevassus, B. 2006. Effect of different mating designs on inbreeding, genetic variance and response to selection when applying individual selection in fish breeding programs. Aquaculture, 252:161-170; Gallardo, J.A.; Lhorente, J.P.; García, X., Neira, R. 2004. Effects of nonrandom mating schemes to delay the inbreeding accumulation in cultured populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 61:547-553; Gjerd, B., Gjøl, H.M., Villanueva, B. 1996. Optimum designs for fish breeding programmes with constrained inbreeding. Mass selection for a normally distributed trait. Livestock Production Science, 47:59-72; Inbreeding and Brood Stock Management. Fisheries Technical Paper. No 392. Rome, FAO.
12. Dupont-Nivet, M.; Vandeputte, M. 2005. Does avoiding full sib matings preserves genetic variability in a selection scheme? Case of single pair matings. Aquaculture, 247:12.

13. Hallerman, E. 2003a. Inbreeding. Pages 215-237 in E.M. Hallerman, ed. Populationgenetics: Principles and Applications for Fisheries Scientists. Bethesda, MD, AmericanFisheries Society; Tave, D. 1993. Genetics for Fish Hatchery Mangers, 2nd ed. New York, VanNostrand Reinhold; See footnote 14.
14. See footnote 11 and 13.
15. See footnote 11 and 13.
16. Tave, D. 1984. Effective breeding efficiency: An index to quantify the effects that differentbreeding programs and sex ratios have on inbreeding and genetic drift. Progressive Fish-Culturist, 46:262-268.
17. Fiumera, A.C.; Porter, B.A.; Looney, G.; Asmussen, M.A.; Avise, J.C. 2004. Maximizingoffspring production while maintaining genetic diversity in supplemental breeding programsof highly fecund managed species. Conservation Biology, 18:94-101.
18. Withler, R.E. 1988. Genetic consequences of fertilizing Chinook salmon (*Oncorhynchustshawytscha*) eggs with pooled milt. Aquaculture, 68:15-25; Withler, R.E. 1990. Geneticconsequences of salmonid egg fertilization techniques. Aquaculture, 85:326.
19. Bartley, D.M.; Kent, D.B.; Drawbridge, M.A. 1995. Conservation of genetic diversity in awhite seabass hatchery enhancement program in southern California. American FisheriesSociety Symposium, 15:249-258.
20. Kincaid, H.L. 1977. Rotational line crossing: An approach to the reduction of inbreedingccumulation in trout brood stocks. Progressive Fish-Culturist, 39:179-181; See footnote 11.
21. Busack, C.; Knudsen, C.M. 2007. Using factorial mating designs to increase the effectivenumber of breeders in fish hatcheries. Aquaculture, 273:24-32.
22. Allendorf, F.W.; Phelps. S.R. 1980. Loss of genetic variation in a hatchery stock of cutthroattrout. Transactions of the American Fisheries Society, 109:537-543; Hallerman, E.M.;Dunham, R.A.; Smitherman, R.O. 1986. Selection or drift—isozyme allele frequencychanges among channel catfish selected for rapid growth. Transactions of the AmericanFisheries Society, 115:60-68; Vuorinen, J. 1984. Reduction of genetic variability in ahatchery stock of brown trout, *Salmo trutta*. Journal of Fish Biology, 24:339-348.
23. Tave, D.; Smitherman, R.O. 1980. Predicted response to selection for early growth in*Tilapia nilotica*. Transactions of the American Fisheries Society, 109-439-445; Teichert-Coddington, D.R.; Smitherman, R.O. 1988. Lack of response by *Tilapia niloticat*omass selection for rapid early growth. Transactions of the American Fisheries Society,117:297-300.
24. Leary, R.F.; Allendorf, F.W.; Knudsen; K.L. 1985. Developmental instability as an indicatorof reduced genetic variation in hatchery trout.

- Transactions of the American Fisheries Society 114:230-235.
25. See footnote 11.
26. See footnote 11.
27. Lande, R. 1995. Mutation and conservation. *Conservation Biology* 9:782-791; Hallerman, E. 2003b. Random genetic drift. Pages 197-214 in E.M. Hallerman, ed. *Population genetics: Principles and Applications for Fisheries Scientists*. Bethesda, MD, American Fisheries Society; National Research Council. 2002. *Science and the Endangered Species Act*. Washington, DC. National Academy Press; See footnote 11 and 13.
28. National Research Council. 2002.
29. Waples, R. S. 2002. Definition and estimation of effective population size in the conservation of endangered species. Pages 147-168 in S.R. Beissinger; D.R. McCullough, eds. *Population Viability Analysis*. Chicago. The University of Chicago Press.
30. Ryman, N; Laikre, L. 1991. Effects of supportive breeding on the genetically effective population size. *Conservation Biology*, 5:325-329; Waples, R.S.; Do, C. 1994. Genetic risk associated with supplementation of Pacific salmonids: captive broodstock programs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51 (Supplement 1):310-329.
31. Bilio, M. Controlled reproduction and domestication in aquaculture. The current state of the art. Part II. *Aquaculture Europe*, 32 (3): 5-23.
32. Dunham, R.A.; Smitherman, R.O. 1983. Response to selection and realized heritability for body weight in three strains of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, grown in earthen ponds. *Aquaculture*, 33:89-96.
33. Araki, H.; Cooper, B.; Blouin, M.S. 2007. Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science*, 318:100-103; Heath, D.D.; Heath, J.W.; Bryden, C.A.; Johnson, R.M.; Fox, C.W. 2003. Rapid evolution of egg size in captive salmon. *Science*, 299:1738-1740.
34. Contributed by Graham C. Mair
35. Gjedrem, T. 2005. *Selection and Breeding Programmes in Aquaculture*. Springer, Netherlands. Van Vleck, L.D. (1993) «Selection Index and Introduction to Mixed Model Methods», CRC Press Inc., Florida, USA
36. Eknath, A.E., Bentsen, H.B., Ponzoni, R.W., Rye, M., Nguyen, N.H., Thodesen, J. & Gjerde, B. 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: Composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. *Aquaculture* 273: 1-14.
37. Detailed manuals exist for example Tave, D. 1995. *Selective breeding programmes for medium-sized fish farms*. FAO Fisheries Technical Paper

- T352. FAO, Rome.
38. Gjedrem, T. 2000. Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquaculture Research* 31: 25-33.
 39. Hedgecock, D., McGoldrick, D.J. & Bayne, B.L. 1995. Hybrid vigor in Pacific oysters: An experimental approach using crosses among inbred lines. *Aquaculture* 137: 285-298.
 40. Mia, M.Y., Taggart, J.B., Gilmour, A.E., Gheyas, A.A., Das, T.K., Kohinoor, A.H.M., Rahman, M.A., Sattar, M.A., Hussain, M.G., Mazid, M.A., Penman, D.J. & McAndrew, B.J. 2005. Detection of hybridization between Chinese carp species (*Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilis*) in hatchery broodstock in Bangladesh, using DNA microsatellite loci. *Aquaculture* 247: 267-273.
 - Simonsen, V., Hansen, M.M., Mensberg, K-L.D., Sarder, R.I. & Alam, S. 2005. Widespread hybridization among species of Indian major carps in hatcheries, but not in the wild. *J. Fish Biol.* 67: 794-808.
 41. Tiwary, B.K., Kirubakaran, R. & Ray, A.K. 2004. The biology of triploid fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14, 391-402.
 42. Guo, X. & Allen, S.K. 1994. Viable tetraploids in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) produced by inhibiting polar body 1 in eggs from triploids. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3: 42-50.
 43. Wessels, S. and G. Hörstgen-Schwark. 2007. Selection experiments to increase the proportion of males in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by means of temperature treatment *Aquaculture* 272, Supplement 1: S80-S87.
 44. Piferrer, F. 2001. Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. *Aquaculture* 197: 229-281.
 45. Mair, G.C., Abucay, J.S., Skibinski, D.O.F., Abella, T.A. & Beardmore, J.A. 1997. Genetic manipulation of sex ratio for the large scale production of all-male tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54, 396-404.
 46. FAO. 2000. The State of World Fisheries and Aquaculture 2000. Rome. 142pp.
 47. Kapuscinski, A.R., Hayes, K.R., Li, S. & Dana, G. (eds). (E. M. Hallerman and P.J. Schei, series editors). 2007. Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms, Vol 3: Methodologies for Transgenic Fish. CABI Publishers. 310 pp.
 48. Garber, A.F. and Sullivan, C.V. 2006. Selective breeding for the hybrid striped bass (*Morone chrysops*, Rafinesque x *M. saxatilis*, Walbaum) industry: status and perspectives. *Aquaculture Research* 37: 319-338.
 49. Cnaani, A., Hallerman, E.M., Ron, M., Weller, J.I., Indelman, M., Kashi, Y., Gall, G.A. and Hulata, G., 2003. Detection of a chromosomal region with

- two quantitative trait loci, affecting cold tolerance and fish size, in an F2 tilapia hybrid. *Aquaculture*, 223(1-4): 117-128.
50. Contributed by R. E. Brummett, M. C. M. Beveridge, R. W Ponzoni, R. J. Lawton and D. M. Bartley
 51. FAO (1997). Aquaculture Development. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. No.5, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/W4493e/W4493e00.pdf>.
 52. <http://www.cbd.int/default.shtml>
 53. ICES (2004) Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms <http://www.ices.dk/reports/general/2004/ICESCOP2004.pdf>; Hewitt, C.L., Campbell, M.L. & Gollasch, S. (2006). Alien Species in Aquaculture. Considerations for Responsible Use. <http://www.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2006-036.pdf>. IUCN, Gland, Switzerland; WorldFish Center (2002) Nairobi Declaration on Aquatic Biodiversity and Use of Genetically Improved and Alien Species for Aquaculture in Africa. http://www.worldfishcenter.org/cms/list_article.aspx?catID=39&ddlID=109. WorldFish Center (2003) Dhaka Declaration on Ecological Risk Assessment of Genetically Improved dFish, http://www.worldfishcenter.org/Pubs/Dhaka%20booklet/Dhaka_booklet.pdf
 54. The Cartagena Protocol on Biosafety defines an LMO as an organism resulting from direct DNA manipulations or the fusion of cells from outside of a taxonomic family.
 55. Sindermann, C.J. 1993. Disease risks associated with importation of non-indigenous marine animals. *Marine Fisheries Review*, **54**, 1-10; McVicar, A. H. (1997) Disease and parasite implications of the coexistence of wild and cultured salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, **54**, 998-1008.
 56. McGinnity *et al.* 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farmed salmon. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, **270**: 2443-2450; Jonsson, B. and Jonsson, B. (2006) Cultured salmon in nature: a review of their ecology and interactions with wild fish. *ICES Journal of Marine Science* **63**: 1162-1181; Verspoor, E., Stradmeyer, L., Neilsen, J. L. (eds.). 2007. *The Atlantic Salmon. Genetics, Conservation and Management*. Blackwells, Oxford.
 57. The term watershed is used here to refer to interconnected waterbodies, which may be defined at a catchment or sub catchment level.
 58. FAO Database on Introductions of Aquatic Species (DIAS) <http://www.fao.org/fi/website/FISearch.do?dom=introsp,FishBase> <http://www.fishbase.org>

- www.fishbase.org)
59. FAO. 2007. Aquaculture Development. 2. Health management for responsible movement of live aquatic animals. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 5. Suppl. 2. Rome, FAO. <http://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1108e/a1108e00.pdf>
 60. http://www.oie.int/eng/en_index.htm; Permanent Advisory Network for Diseases in Aquaculture (PANDA; <http://www.europanda.net/>), Aquatic Animal Pathogen and Quarantine Information System (AAPQUIS, <http://www.aapqis.org/main/main.asp>).
 61. OIE. 2005. *Aquatic animal health code*. 8th Edn. Paris. http://www.oie.int/eng/normes/fcode/A_summry.htm
 62. Pioneering Fish Genetic Resource Management and Seed Dissemination Programmes for Africa: adapting principles of selective breeding to the improvement of aquaculture in the Volta Basin. Workshop Proceedings, 27-30 March 2007, FAO, Rome
 63. FAO Database on Introductions of Aquatic Species (DIAS) <http://www.fao.org/fi/website/> FISearch.do?dom=introsp, FishBase (<http://www.fishbase.org>)
 64. A notable exception is, An Impact Evaluation of the Development of Genetically Improved Farmed Tilapia and Their Dissemination in Selected Countries by Asian Development Bank. ADB 2005; available at www.adb.org/publications.
 65. See http://seagrant.umn.edu/downloads/ais-haccp_manual.pdf for guidance on applying the HACCP principles to aquatic invasive species.
 66. Contributed by Raul W. Ponzoni.
 67. Eknath, A.E. 1991. Simple broodstock management to control indirect selection and inbreeding: Indian carp example. NAGA, The ICLARM Quarterly 738: 13-14.
 68. Brummett, R.E., Angoni, D.E. and Pouomogne V. 2004. On-farm and on-station comparison of wild and domesticated Cameroonian populations of *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 242, 157-164.
 69. Gupta, M. and Acosta B. 2004. From drawing board to dining table: The success story of the GIFT project. NAGA, WorldFish Center Quarterly 27, (3&4), 4-14.
 70. Mahapatra, K., Jana, R.K., Saha, J.N., Gjerde, B. and Sarangi N. 2006. Lessons from the breeding program of Rohu. In: Ponzoni, R.W., Acosta, B., Ponniah, A.G. (eds.), Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs: Current status and action plans, WorldFish Center Conference Proceedings 73, Penang, Malaysia, pp. 34-40.
 71. Ponzoni R.W., Nguyen, H.N. and Hooi Ling Khaw. 2007. Investment

- appraisal of genetic improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 269, 187-199.
72. Thodesen, J. 1999. Selection for improved feed utilization in Atlantic salmon. Doctor Sci. Thesis, Agricultural University of Norway, 108 pp.
73. Mambrini, M., Labbe, L., Randriamanantsoa, F. and Boujard, T. 2006. Response of growth selected brown trout (*Salmo trutta*) to challenging feeding conditions. *Aquaculture* 252, 429-440.
74. Mambrini, M., Labbe, L., Randriamanantsoa, F. and Boujard, T. 2006. Response of growth selected brown trout (*Salmo trutta*) to challenging feeding conditions. *Aquaculture* 252, 429-440.
75. Ponzoni, R.W. 1992. Genetic improvement of hair sheep. *FAO Animal Production and Health Paper* no. 101, 168 pp. (Rome, Italy).
76. Doupe, R.G., Lymbery, A.J. 2003. Toward the genetic improvement of feed conversion efficiency in fish. *J. World Aquacult. Soc.* 34, 245-254.
77. Nicholas, F.W. 1989. Incorporation of new reproductive technology in genetic improvement programmes. In Hill, W.G. Mackay, T.F.C. (eds), *Evolution and animal breeding*, CAB International, Wallingford, U.K., pp. 203-209.
78. Contributed by Anne R. Kapuscinski.
79. Gupta, M.V.; Bartley, D.M.; Acosta, B.O. (eds). 2004. Use of genetically improved and alien species for aquaculture and conservation of aquatic biodiversity in Africa. *WorldFish Center Contribution No. 1707*. Penang, Malaysia. 107 pp. Nairobi Declaration in Gupta et al., 2004. *WorldFish Center*. 2003. Dhaka Declaration on Ecological Risk Assessment of Genetically Improved Fish. *WorldFish Center Contribution No. 1704*, Penang, Malaysia. Pullin, R.S.V.; Bartley, D.M.; Kooiman, J. (eds). 1999. Towards policies for conservation and sustainable use of aquatic genetic resources. *ICLARM Conf. Proc.* 59, 277 pp.
80. This chapter represents and draws extensively from the work of 44 natural and social scientists and policy specialists from 19 countries, begun at a workshop at the WorldFish Center in 2005 and published in a refereed book. They concluded that their synthesis of risk assessment and management methodologies applies broadly to different kinds of genetically improved lines in aquaculture. Kapuscinski, A. R.; Hayes, K.R.; Li, S.; Dana, G. (eds). 2007. *Environmental risk assessment of genetically modified organisms: Volume 3, methodologies for transgenic fish*. CAB International, Wallingford, UK, 304 pp.

81. Hayes, K.R.; Kapuscinski, A.R.; Dana, G.; Li, S.; Devlin, R.H. 2007. Introduction to environmental risk assessment for transgenic fish. Pages 1-28 in Kapuscinski et al. (eds) (see footnote 80). Nelson, K.C.; Basiao, Z.; Cooper, A.M.; Dey, M.; Lorenzo Hernandez, M.; Kunawasen, S.; Li, S.; Fonticiella, D.; Ratner, B.D.; Toledo, M.I.; Leelapatra, W. 2007. Problem formulation and options assessment: science-guided deliberation in risk assessment of transgenic fish. Pages 29-60 in Kapuscinski et al. (eds) (see footnote 80).
82. For further information on incorporating multi-stakeholder deliberations: Hayes et al. 2007 and Nelson et al., 2007 (see footnote 81); and Nelson, K.C.; Banker, M.J. 2007. Problem formulation and options assessment handbook: A guide to the PFOA process and how to integrate it into environmental risk assessment (ERA) of genetically modified organisms (GMOs). GMO-ERA Project. Available at: www.gmoera.umn.edu.
83. Any species in the ecosystem with which the genetically altered fish can interbreed, including the same species as the genetically altered fish or a closely-related species.
84. Further guidance on prioritizing hazards is in Hayes et al., 2007 (see footnote 81).
85. End points explicitly express the valued elements of the ecosystem that the interested parties are trying to protect by performing the ecological risk assessment (Hayes et al., 2007, see, footnote 81).
86. There is broad agreement on the need for case-by-case ecological risk assessment; e.g. the Cartagena Protocol on Biosafety, Article 15 and Annex III. See also Bellagio Statement in Pullin, R.S.V.; Bartley, D.M.; Kooiman, J. (eds). 1999. Towards policies for conservation and sustainable use of aquatic genetic resources. ICLARM Conf. Proc. 59, 277 pp.
87. Kapuscinski, A.R.; Hard, J.J.; Paulson, K.; Neira, R.; Ponniah, A.; Kamonrat, W.; Mwanja, W.; Fleming, I.A.; Gallardo, J.; Devlin, R. H.; Trisak, J. 2007. Approaches to assessing gene flow. Pages 112-150 in Kapuscinski et al. (eds) (see footnote 80).
88. Extensive guidance for assessing sub-components is in Kapuscinski et al., 2007 (see footnote 87).
89. The degree to which an organism succeeds at passing on its genes to future generations. Fitness is determined by the joint effect of key traits spanning the entire life cycle of the organism, such as juvenile and adult viability, fecundity, fertility, mating success, and age at sexual maturity. Muir, W.M.; Howard, R.D. 2001. Fitness components and ecological risk of transgenic release: a model using Japanese medaka (*Oryzias latipes*). American Naturalist 158:1-16.

90. Guidance for this strategy appears in Kapuscinski et al., 2007 (see footnote 87).
91. Devlin, R.H.; Sundström, L.F.; Johnsson, J.I.; I.A Fleming, I.A.; Hayes, K.R.; Ojwang, W.O.; Bambaradeniya, C.; Zakaria-Ismail, M. 2007. Assessing ecological effects of transgenic fish prior to entry into nature. Pages 151-187 in Kapuscinski et al., (eds) (see footnote 80).
92. Extensive guidance for carrying out each phase appears in Devlin et al., 2007 (see footnote 91).
93. Guidance on semi-natural experiments and confined experiments appears in Kapuscinski et al., 2007, chapters 5, 6 and 8 (see footnote 80).
94. Hayes, K.R.; Regan, H.M.; Burgman, M.A. 2007. Introduction to the concepts and methods of uncertainty analysis. Pages 188-208 in Kapuscinski et al., (eds) (see footnote 80).
95. A summary of methods to treat sources of uncertainty is in Hayes et al., 2007 (see footnote 94).
96. Using multi-stakeholder deliberations to agree upon acceptable levels of reduced risk will increase social acceptance of the decision.
97. Mair, G.C.; Nam, Y.K.; Solar., I.I. 2007. Risk management: Reducing risk through confinement of transgenic fish. Pages 209-238 in Kapuscinski et al., (eds) (see footnote 80).
98. Best management practices will vary depending on the aquaculture system and may be very difficult to implement in resource-poor contexts. General guidance on best management practices is in Mair et al., 2007 (see footnote 97).
99. Agricultural Biotechnology Research Advisory Committee (ABRAC). 1995. Performance Standards for Safely Conducting Research with Genetically Modified Fish and Shellfish. Parts I and II, USDA, Office of Agricultural Biotechnology, Washington D.C. Available at: www.isb.vt.edu/perfstand/psmain.cfm
100. Senanan, W.; Hard, J.J.; Alcivar-Warren, A.; Trisak, J.; Zakaria-Ismail, M.; Lorenzo Hernandez, M. 2007. Risk management: post-approval monitoring and remediation. Pages 239-271 in Kapuscinski, A.R. et al. (eds) (see footnote 80).
101. Extensive guidance on these aspects of monitoring is in Senanan et al., 2007 (see footnote 100).
102. Nairobi Declaration, Dhaka Declaration (see footnote 2); Kapuscinski et al. (eds), 2007 (see footnote 80).
103. Contributed by Devin M. Bartley.
104. 104 For example, International Council for the Exploration of the Sea

- ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms 2004. www.ices.dk/reports/general/2004/ICESCOP2004.pdf
105. Contributed by Roger S.V. Pullin.
106. Elliot, N. and Evans, B. 2007. Genetic change in farm stocks: should there be concern? *World Aquaculture*, 36 (1): 6-8.
107. Bilio, M. Controlled reproduction and domestication in aquaculture. The current state of the art. Part II. *Aquaculture Europe*, 32 (3): 5-23.
108. Ottolenghi, F.; Silvestri, C.; Giordano, P.; Lovatelli, A. and New, M. 2004. Capture-based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 308p.
109. Thorpe, J.P.; Solé-Cava, A.M. and Watts, P. 2000. Exploited marine invertebrates: genetics and fisheries. *Hydrobiologia*, 420: 165-184.
110. Pullin, R.S.V. 2000. Management of aquatic biodiversity and genetic resources. *Reviews in Fisheries Science*, 8 (4): 379-393.
111. www.iucn.org
112. www.biodiv.org
113. www.cites.org
114. www.cms.int
115. Pullin, R.S.V. in press. Aquaculture and conservation of fish genetic resources: twinning objectives and opportunities, p. 00-00. In *Pioneering Fish Genetic Resource Management and Seed Dissemination Programmes for Africa: Adapting Principles of Selective Breeding to the Improvement of Aquaculture in the Volta Basin and Surrounding Areas*. CIFA Occasional Paper No. 29. FAO: Accra, Ghana.
116. Ramsar Convention on Wetlands (www.ramsar.org), Parties to which consider the presence of important fish populations as a criterion for designation of Ramsar sites.
117. Frankham, R. 1995. Conservation genetics. *Annual Review of Genetics*, 29: 305-327.
118. FAO. 1994. International Code of Conduct for Plant Germplasm Collecting and Transfer. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. 20p.
119. www.biodiv.org
120. www.fishbase.org
121. <http://www.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=org&xml=sidp.xml>
122. <http://www.fao.org/fi/website/FISearch.do?dom=culturespecies>
123. Fazey, J., Salisbury, J.G., LindenMayer, D.B., Maindonald, J. and R.

- Douglas, 2004. Can methods applied in medicine be used to summarize and disseminate conservation research? *Environmental Conservation*, 31 (3): 190-198.
124. Rice, J.C. 2005. Understanding fish habitat ecology to achieve conservation. *Journal of Fish Biology*, 67 (Supplement B): 1-22.
125. www.ecopath.org.
126. www.cites.org
127. IUCN. 1994. IUCN Red`List Categories. IUCN, Gland, Switzerland. 21p.
128. IUCN. 1998. IUCN Guidelines for Re-introductions. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. 10p.
129. Huntley, R.V.; Langton, R.W. 1994. Captive Breeding Guidelines. Aquatic ConservationNetwork, Inc., Ottawa, Ontario, Canada. 62p.
130. Contributed by Brian Harvey.
131. A recent example is Tiersch, T., and Mazik, P. (eds). 2000. Cryopreservation in aquatic species. World Aquaculture Society, Baton Rouge. 439 pp.
132. SpermSaver – Gene Bank Management Software. 2005. World Fisheries Trust, Victoria BC, Canada. This is a beta version of fish gene banking software that addresses all these areas available from World Fisheries Trust (www.worldfish.org).
133. Contributed by Devin M. Bartley.
134. FAO. 1996. Precautionary Approach to Capture Fisheries and Species Introductions. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 2. FAO, Rome.
135. EU Directive 90/220, on the release of genetically modified organisms in to the environment.
136. Contributed by Devin M. Bartley
137. 137 Raymond, R.D. 1999. Agricultural research and the art of public awareness. Pages 217-224 in Pullin, R.S.V., D.M. Bartley and J. Kooiman (eds) Towards Policies for Conservation and Sustainable Use of Aquatic Genetic Resources. ICLARM Conf. Proc. 59. 277p.
138. Annex 2: Sink or Swim: mobilizing key audiences through strategic communication. Suzanne Hawkes and Liz Scanlon IMPACS, September 2006. (worldfish.org/images-pdfs/Projects/sinkorswim.pdf)
139. <http://www.worldwildlife.org/cc/dialogues/shrimp.cfm>
140. FAO glossaries exist on biotechnology (www.fao.org/biotech/index_glossary.asp); fisheries (www.fao.org/fi/glossary/default.asp); and aquaculture (www.fao.org/fi/glossary/default.asp).