تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر ماهیان زینتی

محدثه احمدنژاد[۱*]، منصور شریفیان[۲]، حسین خارا[۳]

* m_ahmadnezhad@yahoo.com

۱-پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
۲-مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران، صندوق پستی۱٦۱٦

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۸

چکیده

هدف از مقاله حاضر بررسی نتایج مطالعات انجام شده درمورد تأثیرات زیستی میدان های الکترومغناطیسی بر ماهی‌ها از جمله ماهیان زینتی می‌باشد. نخست مفاهیم پایه‌ای الکترومغناطیس و طیف‌های الکترومغناطیسی و اهمیت مطالعه آن در مورد ماهی‌ها بحث می‌شود. سپس خلاصه‌ای از نتایج به‌دست آمده درباره اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی کم فرکانس و میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس‌های رادیویی بر ماهی‌های حساس به الکترومغناطیس و نیز سایر ماهی‌ها در حوزه رفتار، دستگاه گردش خون و شاخص‌های ایمنی، رشد و بقاء، جنین، لارو و تولیدمثل مورد بررسی قرار می‌گیرند. نتیجه آنکه، در برخی از مطالعات تاثیری از این میادین بر ماهی ها گزارش نشده است در حالی‌که در دسته دیگر از این مطالعات اثرات معنی‌داری بر رفتار و سایر شاخص‌های فیزیولوژیک ماهی مشاهده شده اند. اختلافات موجود در نوع گونه مورد آزمایش، نوع میدان مورد مطالعه، طراحی تیمارهای تحقیق و شرایط آزمون، از جمله عوامل تأثیرگذار بر نتایج متناقض موجود در تحقیقات مذکور می‌باشند.

کلمات کلیدی: آبزیان، الکترومغناطیس، امواج رادیویی، تلفن همراه، دریا، کابل، ماهی زینتی.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

مقدمه

در بین انواع آلاینده‌های زیستی ناشی از فعالیت‌های بشر به آلاینده‌ای بر می‌خوریم که هیچ اثر ظاهری اعم از شکل، بو و یا صدا ندارد و در اصطلاح یک آلاینده خاموش است. آلاینده‌ای که حاصل پیشرفت‌های خیره کننده بشر امروز بوده و در پس ویترین فناوری‌های الکترونیکی نوین پنهان شده است. امواج و میدان‌های الکترومغناطیسی که تقریباً در همه جای کره زمین، از خشکی تا محیط‌های آبی همواره بصورت طبیعی وجود داشته‌اند، به‌دلیل حضور فن‌آوری‌های پیشرفته‌ی قرن اخیر، بیش از پیش در اکوسیستم‌های طبیعی انتشار یافته‌اند. به‌طوری‌که این حضور قدرتمند می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان و حیات‌وحش داشته باشد. از طرفی، پیشرفت بشر درخصوص صنایع زیر دریایی، انتقال الکتریسیته از طریق کابل‌های زیر آب، دستگاه‌های مولد جریان برق از امواج آب، کابل‌های مخابراتی و فیبرهای نوری زیر دریایی، خطوط انتقال نیرو و آنتن‌های مخابراتی در مناطق ساحلی، سبب شده است تا علاوه بر مطالعه در مورد اثرات میدان‌ها و امواج الکترومغناطیسی بر انسان و جانداران خشکی، تحقیقاتی در مورد اثرات بالقوه آن‌ها بر آبزیان به‌ویژه ماهی‌ها انجام گیرد. در این مقاله نتایج برخی از این مطالعات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش کار

درتحقیق حاضر با استفاده از کلمات کلیدی متنوع نظیر: میدان الکترومغناطیسی، امواج الکترومغناطیسی، دریا، آبزیان، ماهی، کابل، تلفن همراه، و ترکیب‌های مختلف از این کلمات سرچ اینترنتی، به‌ویژه از سایت‌های google scholar و SID.IR، انجام شد. از بین مقاله‌های یافت شده، مرتبط ترین مطالب مربوط به ماهی ها مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند.

میدان‌های الکترومغناطیسی

میدان‌های الکترومغناطیسی (electromagnetic fields: EMFs) از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ساخته شده‌اند. میدان الکتریکی همواره در اطراف بار الکتریکی ایجاد می‌شود و میدان مغناطیسی وقتی تشکیل می‌شود که بارهای الکتریکی جریان یابند. هنگامی که جریان الکتریکی از نوع مستقیم باشد، میدان مغناطیسی حاصل از آن، ایستا است. درحالی‌که اگر جریان از نوع متناوب باشد، میدان مغناطیسی تولید شده نسبت به زمان متغیر است. به‌عبارت دیگر یک میدان مغناطیسی در حال تغییر باعث القای یک میدان الکتریکی درحال تغییر خواهد شد و برعکس. این میدان‌های در حال تغییر، موج‌های الکترومغناطیسی تشکیل می‌دهند. امواج الکترومغناطیسی (electromagnetic radiations: EMRs)، از نوع امواج عرضی پیشرونده هستند که از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتشر می‌شوند. این میدان‌ها در حال انتشار بر یکدیگر و بر جهت پیشروی عمود هستند. میدان الکتریکی در صفحه‌ی عمودی و میدان مغناطیسی در صفحه افقی هستند. امواج الکترومغناطیسی از ارتعاش بارهای الکتریکی تولید می‌شوند و با موج‌های مکانیکی، مانند امواج آب و یا صوت، فرق می‌کنند و برای انتشار به هیچ محیطی نیاز ندارند. امواج الکترومغناطیسی نه تنها از هوا، مواد جامد و آب عبور می‌کنند بلکه در خلأ نیز می‌توانند سیر کنند. آن‌ها حامل انرژی‌اند و سرعت آن‌ها با سرعت نور یکسان است (Purcell and Morin, 2013).

امواج الکترومغناطیسی بر اساس فرکانس و طول موج به انواع گوناگونی طبقه‌بندی می‌شوند که از موج‌های با طول موج بلند و کم فرکانس تا موج‌هایی با طول موج کوتاه و فرکانس زیاد عبارتند از: امواج رادیویی ، مایکروویو یا ریزموج، فروسرخ یا مادون قرمز، نور مرئی، فرابنفش، پرتو ایکس و پرتو گاما. همچنین از نظر تأثیر آن‌ها بر مواد، به دو نوع یونساز و غیریونساز تقسیم می‌شوند. یونیزاسیون فرآیندی است که طی آن الکترون‌ها از اتم‌ها و مولکول‌های خود جدا می‌شوند. امواج یونساز، آن دسته ازتشعشعات الکترومغناطیسی هستند که انرژی کافی برای یونیزه کردن مواد بیولوژیکی را دارند، مانند اشعه ایکس (X-ray) و اشعه گاما (γ-ray). در مقابل، پرتوهای غیر یونساز که در محدوده‌ی طیف RF (Radio Frequency) قرار دارند، پرتوهایی‌اند که انرژی کافی برای یونیزه کردن اتم‌ها و شکستن پیوندهای شیمیایی ندارند و شامل: فرا بنفش، نور مرئی، فرو سرخ، امواج مایکروویو، امواج رادیویی و ... می‌باشند (Browne, 2013).

در برخی از منابع میدان‌های الکترومغناطیسی (EMFs) را بر اساس فرکانسشان به دو دسته تقسیم نموده‌اند. میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار پایین (extremely low frequency: ELF) (۳۰۰-۵۰ هرتز) تولید شده از خطوط

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

برق، لوازم خانگی و ترانسفورماتور الکتریکی، و میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس رادیویی (radiofrequency: RF) و مایکروویو (حدود ۳ کیلو هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز) تولید شده توسط رادیو و تلویزیون و دستگاه‌های ارتباطی بی‌سیم و تلفن‌های همراه (Lee and Yang, 2014). هردو دسته (یعنی ELF و RF)، امواج الکترومغناطیسی از نوع غیر یونیزان منتشر می‌کنند اما می وانند تاثیرات حرارتی و غیرحرارتی در ماده ایجاد نمایند. بدین معنی که نخستین مکانیسم برخوردی این دسته از پرتوها با ماده، ایجاد تحریک در چرخش و یا نوسان مولکولی (مثل آب) است که سبب افزایش گرما در بافت می شود. اما در اثرات غیرحرارتی این پرتوها، ساختار مولکولی مستقیماً با مکانیسم‌های اثر مولکولی، عدم توازن و اثر میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تحت تأثیر قرار گرفته و باعث تغییرات سلولی می‌شود (Cember, 1992; Lee and Yang, 2014). شواهد معتبری مبنی بر این که امواج الکترومغناطیسی کم فرکانس، سبب افزایش دمای بافت‌ها شوند، ارائه نشده است و بیشتر اثرات القایی آن‌ها در تخریب DNA، ایجاد سرطان، جهش و آسیب‌های ژنوتوکسیکی، به اثرات غیر گرمایی این امواج نسبت داده می‌شود (Adair, 1998).

منبع میدان‌های الکترومغناطیسی

میدان‌های الکترومغناطیسی از هردو منبع طبیعت و فعالیت‌های ساخت انسان منشأ می‌گیرند. منابع طبیعی تولید میدان‌های مغناطیسی شامل میدان مغناطیسی کره زمین و فرایندهای زیستی مختلف درون بدن موجودات زنده (فرایندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و عصبی) می‌باشند. جانوران دریایی هم در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی طبیعی قرار دارند که بوسیله‌ی جریان‌های دریایی عبورکننده از میان میدان‌های ژئومغناطیسی، ایجاد شده‌اند. منابع انسانی انتشار میدان‌های مغناطیسی در محیط دریا شامل کابل‌های مخابراتی زیر دریایی (فیبرهای نوری) و کابل‌های برق جریان قوی زیر دریا می‌باشند (Fisher and Slater, 2010).

انواع تجهیزات الکترونیکی استفاده شده در صنعت آبزی‌پروری مانند پمپ هوا وسیستم‌های تصفیه آب، همچنین وسایل الکترونیکی مورد استفاده توسط آبزی‌پروران و علاقه‌مندان به تکثیر، پرورش و نگهداری ماهیان زینتی، در مکان نگهداری آبزیان، مانند تلفن‌های همراه، کامپیوتر و ... از جمله منابع تولید کننده میادین و امواج الکترومغناطیسی می‌باشند. به‌عنوان مثال شدت میدان مغناطیسی حاصل از پمپ آکواریوم در فاصله ۳۰/۴۸ سانتی‌متر(cm) از مخزن نگهداری ماهی، ۱۸/۲۱ – ۰/۳۵ میلی‌گاوس (mG) و در فاصله ۹۱/۴۴ cm، به میزان ۱/۱۷ mG – ۰/۰۱ می‌باشد (Zaffanella *et al*., 1997).

اثرات زیستی میدان‌های الکترومغناطیسی

چند دهه است که اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر محیط زیست و سلامت انسان از طریق مطالعات اپیدمیولوژیک و مطالعات جانوری به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعات را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود: ۱) مطالعاتی که نتایج آن‌ها نشانگر اثرات مفید و درمانی این میادین بوده‌اند. Vianale و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که میادین ELF-EMF با شدت ۱میلی تسلا (mT)، می‌توانند تولید کموکاین (Chemokine) و رشد سلول کراتینی (کراتینوسیت)، را که در درمان آسیب‌های پوستی موثرند، تنظیم و تعدیل نمایند. همچنین گزارش شد که میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۷/۵ هرتز(HZ) با شدت ۴/۵ تسلا (T)، پاسخ ایمنی ضد توموری دارد و از رشد تومور ممانعت می‌نماید و سبب طولانی شدن زمان بقاء در موش‌ها می شود (Nie *et al*., 2013).

۲) مطالعاتی که گزارش نمودند میدان‌های الکترومغناطیسی بی‌تأثیراند. به‌عنوان نمونه، در تعدادی از گزارش‌ها، هیچگونه رابطه اپیدمیولوژیکی بین ELF-EMF با سرطان‌های افراد بالغ (Elliott *et al*., 2013)، مرگ و میرهای ناشی از بیماری‌های قلب و عروق (He *et al*., 2013)، جنین‌های مرده بدنیا آمده (Auger *et al*., 2012)، شرایط بارداری و تولد (Mahram and Ghazavi, 2013) و بیماری‌های دژنره کننده سلول‌های عصبی (Mattsson and Simkó, 2012) یافت نشد. در برخی از مطالعات مروری نیز نتیجه‌گیری شد که، برای اثرات مضر RF-EMF ها بر سیستم عصبی (Van Rongen *et al*., 2009)، عملکرد شناختی (Regel and Achermann, 2011)، واکنش‌های روانشناختی (Augner *et al*., 2012) و سرطان (Health Protection Agency-UK, 2012) یا مدرکی وجود ندارد یا اینکه شواهد و مدارک

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

موجود کافی نیستند.

۳) مطالعاتی که در نتایج خود اثرات مخرب میدان‌های الکترومغناطیسی را گزارش نمودند. Lagroye و همکاران (۲۰۱۱)، مطالعات متعددی را که در مورد میدان‌های الکترومغناطیس انجام شده‌اند، مورد بررسی قرار دادند و متوجه اثرات بیولوژیک این میادین روی جوندگانی شدند که در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی با شدت کم (ELF-EMF) (۵۰ تا ۶۰ هرتز) تا سطح ۳۰ mT قرار داده شده بودند. اما مطالعات دیگری بودند که نشان دادند میدان‌های ELF-EMF خطر سقط جنین (Li *et al*., 2002)، سرطان سینه (Sun *et al*., 2013)، آلزایمر و زوال عقل در مردان (Qiu *et al*., 2004) و سرطان خون حاد در بچه‌ها (Sermage-Faure *et al*., 2013) را افزایش داده‌اند. همچنین، در بررسی که توسط Herbert و Sage (۲۰۱۳) بر روی منابع مطالعاتی منتشر شده صورت پذیرفت، آن دسته از میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس رادیویی (RF-EMF) که اثراتی نظیر استرس سلولی و اکسیداتیو، نقص در عملکرد میتوکندری، اختلال عصبی تکاملی، در بر داشته‌اند بسیار شبیه به طیف هایی از RF-EMF هستند که مشکوک به ایجاد اختلال اوتیسم می‌باشند. تعداد مطالعات میدانی در مورد اثرات زیست محیطی میدان‌های الکترومغناطیسی، کم هستند. با این حال، شواهد زیست محیطی حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، با استفاده از باکتری‌ها، گیاهان، حشرات، دوزیستان، پرندگان و موش‌های معمولی، نشان می‌دهند که میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس رادیویی (RF-EMFs) برای ایجاد اثرات بیولوژیکی منفی بر حیات وحش پتانسیل دارند (*et* Balmori, 2009; Cucurachi *al*., 2013).

بدیهی است که اثرات زیستی تشعشعات الکترومغناطیسی، بسته به شدت، فرکانس، نوع موج و مدت زمان مواجهه متفاوت اند (Banik *et al*., 2003). بافت نسبت به برخی از فرکانس‌های امواج الکترومغناطیسی حساس است. با توجه به اینکه میدان های الکترومغناطیسی ELF و RF در محیط زیست حضور داشته و فرکانس آن‌ها در محدوده فرکانسی امواج موثر بر بافت است، لذا محققین، به مطالعه بر روی آثار بیولوژیکی این امواج علاقمند شدند (Bawin and Adey, 1976). تاکنون مطالعات جانوری و اپیدمیولوژیک فراوانی درمورد اثرات این امواج بر سلامت انسان و جانوران به انجام رسیده است (Lee and Yang, 2014). مطالعات نشان می‌دهند که انرژی میدان‌های الکترومغناطیسی کم فرکانس، به‌طور فیزیکی و مستقیم، قادر به شکستن رشته DNA سلول‌های در معرض تشعشعات نبوده بلکه با تغییر در عملکرد و یا مراحل عملکردی سلول‌ها، پاسخ‌های متنوعی را در موجودات زنده القاء می‌کنند که از آن جمله می‌توان به تأثیر بر روی تکثیر و تمایز سلولی، اختلال در چرخه سلولی، القاء مرگ برنامه‌ریزی شده، اختلال در ارتباطات بین سلولی، رونویسی دزوکسی ریبونوکلئیک اسید، بیان ژن، افزایش بروز تخریب DNA تولید رادیکال‌های آزاد و تغییر در فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدانی اشاره نمود (Reese *et al*., 1988؛ Focke *et al*., 2010).

اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر ماهیان

استفاده روزافزون از سازه‌های الکتریکی در دریاها محققین را بر آن داشت تا به بررسی اثرات امواج و میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از آن‌ها بر آبزیان به‌ویژه ماهی‌ها بپردازند. همچنین رشد آبزی‌پروری در دنیا سبب نزدیک شدن هرچه بیشتر ماهیان به انسان‌ها شده است و بدیهی است که اثرات ناشی از وسایل الکتریکی ساخت دست بشر دامنگیر آن‌ها نیز خواهد شد. بنابراین امروزه مطالعه این اثرات بر ماهیان پرورشی و ماهیان زینتی نیز در زمره تحقیقات دانشمندان قرار گرفت. تحقیقات در مورد تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی کم فرکانس بر موجودات آبزی هنوز کم‌اند (Chebotareva *et al*., 2009; Khoshroo *et al*., 2017) و بیشتر مطالعات انجام شده دراین مورد در دنیا بیشتر در حوزه تاثیر میادین الکترومغناطیسی تولید شده توسط کابل‌های موجود در سواحل یا در اعماق دریا بر روی گونه‌های ماهیان مهاجری همچون ماهی آزاد و رفتارهای مهاجرتی آن‌ها بوده که نتایج اغلب آن‌ها بیانگر تأثیر این میادین الکتریکی بر رفتارهای اکولوژیک این ماهیان بوده اند (Gill and Bartlett, 2010).

مطالعات تاثیر میدان های الکترومغناطیسی بر ماهیان در دنیا متنوع بوده و نتایج مختلفی دربرداشته‌اند. در مقاله حاضر نتایج برخی از این تحقیقات در حوزه‌های زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

۱) رفتار ماهیان

برخی از گونه‌های ماهیان مانند الاسموبرانش ها و آزادماهیان، برای رفتارهایی ازقبیل مهاجرت، تغذیه و جهت‌یابی از حس‌گرهای الکترومغناطیس اختصاصی موجود در بدن خود استفاده می‌کنند که به آن‌ها توانایی تشخیص میدان‌های الکتریکی با قدرت کم (حدود ۰/۵ میکروولت بر متر μV/m) را می‌دهد (McMurray, 2007). بنابراین این گونه‌ها نسبت به گونه‌های غیرحساس به الکترومغناطیس، بیشتر در معرض خطر منابع میدان‌های الکترومغناطیسی مصنوعی ساخت انسان می‌باشند. اعضای خانواده الاسموبرانش (کوسه‌ها و سفره ماهی‌ها) میدان‌های الکتریکی ضعیفی که از ماهیچه‌ها و اعصاب طعمه به هنگام حرکت و تنفس منتشر می‌شوند را می‌توانند حس کنند (Gill and Kimber, 2005). ماهی‌های آزاد اقیانوس آرام برای یافتن مسیر مهاجرت و بازگشت به مکان اصلی تخم‌ریزی خود از مکانیسم‌های بالقوه‌ی متعددی مانند جهت‌یابی از طریق میدان مغناطیسی زمین ، قطب نمای فلکی درونی و بخاطرسپاری بوی رود مادری، استفاده می‌کنند (Quinn, 1981; Quinn and Groot, 1983; Groot and Margolis, 1998).

در چهار گونه از آزادماهیان اقیانوس آرام، کریستال‌هایی با خاصیت آهن‌ربایی، پیدا شده است، دانشمندان عقیده دارند که این کریستال‌های مغناطیسی مانند قطب‌نمایی هستند که با هدایت میدان مغناطیسی زمین کار می‌کنند. اما در ماهی آزاد sockeye (*Oncorhynchus nerka*) اثری از این کریستال‌ها یافت نشده است (Mann *et al*., 1988; Walker *et al*., 1988). تحقیق انجام شده توسط Ueda و همکاران (۱۹۹۸) در مورد ماهی آزاد sockeye بالغ نشان می‌دهد که به جای گیرنده مغناطیسی، این گونه برای یافتن و رسیدن به رودخانه تخم‌ریزی مادری خود، به نشانه‌های بصری و نشانه‌های بویایی متکی است. آزمایشات نشان دادند که مسدود نمودن حس مغناطیسی نتوانست بر توانایی این ماهی در یافتن مکان رودخانه مادری اش تأثیری بگذارد.

به طور کلی، الاسموبرانش ها میدان‌های الکتریکی بین ۱۰-۷ × ۵ تا ۱۰-۳ ولت بر متر (V/m) را حس می‌کنند و به منبع تولید میدان جذب می‌شوند. با این حال، در ۱ میکروولت بر سانتی متر(μV/cm) یا بیشتر، الاسموبرانش‌ها به طور معمول به منبع نزدیک نمی شوند (Kalmijn, 1982; Gill and Taylor, 2002).

در مطالعه Marino و Becker (۱۹۷۷)، هنگامیکه که ماهی‌های قزل‌آلا و مارماهی را در معرض میدان‌های الکتریکی قرار دادند، "اولین پاسخ"، یعنی تکان دادن آبشش‌ها و باله‌ها، زمانی بروز یافت که ماهی‌ها در معرض میدان‌های ۰/۵ تا ۷/۵ V/m قرار گرفتند و واکنش شنا به‌سمت قطب آند الکتریکی در شدت میدان ۰/۰۲۵ V/m تا ۱۵ رخ داد.

Westerberg و Begout-Anras (۲۰۰۴) در مورد جهت‌یابی و مهاجرت مارماهی‌های نقره‌ای (*Anguilla anguilla*) در حضور کابل‌های فشار قوی جریان مستقیم زیر دریا تحقیق کردند. تقریباً ۶۰ درصد از این مارماهی‌ها از کابل‌ها عبور می‌کنند و محققان از این موضوع نتیجه می‌گیرند که کابل‌ها به عنوان مانعی برای مسیر مهاجرت این گونه‌ها عمل نمی‌کنند، هر چند که آن‌ها معتقدند تحقیقات بیشتری لازم است. علاوه بر این، Westerberg و Lagenfelt (۲۰۰۸) دریافتند که سرعت شنای مار ماهی‌های نقره‌ای در اطراف کابل‌های جریان متناوب، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش نیافت.

ماهیان خاویاری ماهی‌های الکتریکی ضعیف هستند که مانند توانند از گیرنده‌های الکتریکی برای یافتن شکار استفاده کنند. تحقیقات در مورد ماهیان خاویاری در اروپا انجام شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که رفتار ماهیان خاویاری starlet (*Acipenser ruthenus*) و ماهیان خاویاری روسیه (*A. geldenstaedtii*) در حضور فرکانس‌ها و شدت‌های مختلف میدان الکتریکی متفاوت است (Basov, 1999). در ۱ تا ۴ Hz و ۲ تا μV/cm۳، پاسخ، جستجو برای یافتن منبع و تغذیه فعال بود؛ در ۵۰ Hz و ۰/۲ تا ۰/۵ میکروولت بر سانتیمتر، پاسخ، جستجو برای یافتن منبع بود ؛ و در ۵۰ Hz و ۰/۶ μV/cm یا بیشتر، پاسخ، دوری از منبع بود.

کوسه‌ها معمولاً فرکانس‌های میدان الکتریکی بین ۱/۸ و ۸ Hz را تشخیص می‌دهند. وقتی کوسه با سرعت ثابت می‌چرخد در واقع میدان الکتریکی محیط را جستجو می‌کند. اما وقتی بدون چرخش و با سرعت حرکت می‌کند، به دنبال نشانه‌های مغناطیسی است (Kalmijn, 2000). این موضوع به کوسه‌ها اجازه می‌دهد تا بتوانند با استفاده از میدان مغناطیسی زمین حرکت کنند (Walker *et al*., 2003).

در یک بررسی، یک جریان مستقیم ۸ میکروآمپری برای کوسه

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

آبی *P. glauca* برقرار شد، که یک میدان کامل با شدتی برابر ۲/۵ نانوولت بر متر(nV/m)، تولید می‌کرد. چهار تا پنج کوسه آبی بارها و بارها دستگاه را دور زدند و ۳۱ بار الکترود را مورد حمله قرار دادند (Kaijura, 2003).

آزمایشات دیگری هم انجام شد که در آن‌ها از ماهیانی استفاده شد که جزو گونه‌های واجد حس الکترومغناطیسی نبودند. در یکی از این مطالعات، پراکندگی مکانی و زمانی ۱۰ جفت ماهی گوپی *Poecilia reticulate* و ۱۵ جفت ماهی گورخری *Danio rerio* در یک آکواریوم، تحت تأثیر امواج الکترومغناطیسی از نوع RF-EMF منتشر شده از موبایل پی‌گیری و ثبت شد. در این مطالعه، ۵ گروه مورد آزمایش قرار گرفتند: گروه شاهد، گروهی که تحت تأثیر تلفن همراه خاموش بودند، گروهی که ۱ ساعت بعد از خوردن غذا تحت تأثیر امواج موبایل قرار داده شدند و گروه دیگر ۱۳ ساعت پس از خوردن غذا تحت تأثیر امواج موبایل قرار داده شدند. نتایج نشان داد که در گروه ماهیان گرسنه سر ماهی ها به سمت موبایل قرار داشت اما هیچکدام به موبایل نزدیک نشدند. اما بیشترین توزیع و پراکنش آن‌ها در ۷ سانتیمتری موبایل بود و واکنش مثبت نسبت به سیگنال های RF-EMF ناشی از موبایل نشان دادند. اما ماهیان سیر از سیگنال‌های RF-EMF ناشی از موبایل دوری می‌کردند و علاقه‌ای نشان نمی‌دادند. در این بررسی، رفتار ماهی‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر حضور امواج منتشره از موبایل قرار گرفته بود. اما این واکنش رفتاری بر اساس سیر بودن و گرسنه بودن ماهی فرق می‌کرد (Lee *et al*., 2015). همچنین، مطالعه میدانی Kilfoyle و همکارانش (۲۰۱۸) هیچگونه تاثیر معنی‌داری را از سوی میدان‌های الکترومغناطیسی منتشر از کابل‌های جریان برق زیر دریا، بر اجتماع محلی ماهیان صخره‌های مرجانی نشان نداد. البته این محققین بر این باور بودند که امکان خطا در نتایج به‌دست آمده از تحقیقشان وجود داشته است.

۲) پاسخ‌های فیزیولوژیک

تغییرات ضربان قلب در مواجهه با میدان‌های مغناطیسی ۱۲۶۶۳ تا ۱۹۲۴۷۳ نانوتسلا (۰/۱۲۶۶۳ تا ۰/۱۹۲۴۷۳ گاوسG) برای گونه مارماهی ژاپنی (*Anguilla japonica*)، مورد بررسی قرار گرفت. پس از ۱۰ تا ۴۰ بار قرار گرفتن در چنین شرایطی، در تمام مارماهی‌ها در پاسخ به میدان مغناطیسی ۱۹۲۴۷۳ nT (۰/۱۹۲۴۷۳G) ضربان قلب بصورت معنی داری کاهش داشت (Nishi *et al*., 2004).

Marino و Becker (۱۹۷۷) گزارش نمودند که هنگامیکه ماهی‌های قزل‌آلا و مارماهی در معرض میدان‌های الکتریکی ۰/۰۰۷ V/m تا ۰/۰۷ (میدان الکتریکی ۷ تا ۷۰ μV/cm) قرار می‌گیرند، میزان ضربان قلب آن‌ها افزایش می‌یابد. در حالیکه میادینی با شدت ۱۵ V/m یا بیشتر اثرات زیانباری مانند بیهوشی و یا فلج در ماهی‌های آزاد، ایجاد می‌کنند (Balayev and Fursa 1980; Balayev, 1980). بروز پاسخ‌های قلبی در سفره ماهی، گونه Raja clavata، در مقابل میدان‌های یکنواخت با امواج ۵ Hz با ولتاژ ۰/۰۱ μV/cm رخ می دهد و در ولتاژ ۶-۱۰ V/m، ریتم تنفسی آن‌ها نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Kalmijn, 1966). بررسی در ۵-۱۰×۴ V/m، با موج ۵ Hz، کاهش ضربان قلب در این گونه را در پی دارد (Kalmijn, 1966).

تغییر در شاخص‌های ایمنی و متابولیکی در مقابل میدان‌های مغناطیسی ایستا (استاتیک) با شدت‌های مختلف (۲/۵، ۵ و ۷/۵ μT) طی دوره یک هفته‌ای و ۳ هفته‌ای، در بچه ماهیان ماهی سفید دریای خزر مورد تحقیق قرارگرفت. در هر دو دوره ۱ و ۳ هفته (به‌مدت ۱ ساعت در روز)، با افزایش شدت میدان مغناطیسی میزان آنزیم‌های ALT و AST به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در هر دو دوره ۱ و ۳ هفته، شاخص ایمنی یعنی سطح لیزوزیم، به‌ویژه در شدت‌های بیشتر از ۲/۵ μT، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بنابراین میدان‌های مغناطیسی با شدت کم توانستند بر متابولیسم و ایمنی بچه ماهیان سفید دریای خزر تأثیر بگذارند (Loghmannia *et al*., 2015). در مطالعه دیگری که بر روی ماهی طلایی *Carassius auratus* انجام شد، ماهیان بطور غیرمستقیم در معرض آب مغناطیسی شده با شدت‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ mT قرار داده شدند و افزایش معنی‌داری در هورمون کورتیزول ماهیان گروه ۵ mT نسبت به شاهد و سایر گروه‌ها مشاهده شد. همچنین گزارش شد که در شدت های بالاتر از ۵ mT هورمون کورتیزول روند کاهشی داشته است. در تحقیق مذکور کاهش استرس و کاهش کورتیزول در گروه‌های ۱۵ و ۲۵ mT به افزایش تطابق پذیری این ماهیان نسبت به‌شرایط مغناطیسی تشدید شونده ذکر گردید (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۳). بررسی شاخص‌های خونی مولدین ماده و

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

نر ماهی کوی در مواجهه با امواج تلفن همراه در دو حالت بدون مکالمه و شرایط برقراری تماس نشان داد که در مولدین ماده مواجه شدن با شرایط مذکور سبب کاهش RBC، HB و Hct شد درحالی‌که در مولدین نر سبب افزایش شاخص‌های ایمنی WBC و نوتروفیل و کاهش تعداد لنفوسیت گردید. در سایر شاخص‌های خونی، تاثیر معنی داری از سوی امواج منتشر شده از تلفن همراه بر سایر شاخص‌های خونی در هر جنس ماهی کوی مشاهده نشد. به‌نظر می رسد تاثیر پذیری از امواج الکترومغناطیسی می تواند با جنسیت ارتباط داشته باشد و در جنس نر و ماده نوع تأثیر پذیری متفاوت است (احمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۶؛احمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۷ب).

۳) رشد و بقاء

نتایج حاصل از مطالعه بر روی رشد و بقاء ماهیان در مواجهه با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی متناقض بوده‌اند. Cameron و همکاران (۱۹۸۵) گزارش نمودند که قرار دادن جنین ماهی گورخری در معرض میدان الکترومغناطیسی سینوسی با فرکانس ۶۰ Hz و شدت ۱ μT سبب جلوگیری از رشد جنین این ماهی شد. بررسی تأثیر میدان مغناطیسی (۳۷ G = ۳۷۰۰ μT) ۳/۷ mT بر بقاء ماهی فلاندر *Plathichthys flesus* در مدت بیشتر از ۳۰ روز نشان داد که این ماهیان قادرند در چنین شرایطی زنده بمانند (Bochert and Zettler, 2004). در مطالعه بهمنی و همکاران (۱۳۹۳) نیز مشاهده شد که بازماندگی ماهی‌های طلایی *Carassius auratus* در آب مغناطیسی شده با شدت ۵ mT نسبت به ماهیان قرار داده شده در آب غیر مغناطیسی، کاهش یافت اما با افزایش شدت مغناطیسی به ۱۵ و ۲۵ mT ، افزایش معنی‌داری در بازماندگی این ماهی‌ها نسبت به ماهیان رخ داد. Cuppen و همکاران (۲۰۰۷) نیز اثرات مثبت میدان الکترومغناطیسی کم فرکانس (۲۰۰ تا ۵۰۰۰Hz) در شدت‌های بین ۰/۱۵ و ۵۰ μT را بر رشد ماهی طلایی *C. auratus* نشان دادند. Nofouzi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که فاکتورهای رشد بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان پس از قرار گرفتن در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۱۵ هرتز و شدت‌های ۵ و ۵۰ میکرو تسلا افزایش نشان دادند همچنین بالاترین میزان بقاء را در فرکانس Hz ۱۵ و شدت ۰/۱ تا ۵۰ μT بیان نمودند. در این مطالعات عنوان گردید که ممکن است عوامل مختلفی مانند تغییر متابولیسم ماهی در اثر مواجه شدن با میدان الکترومغناطیسی منجر به بهبود عملکرد رشد شده باشد. نتایج یک تحقیق دیگر بر روی بچه ماهیان کپور نیز افزایش شاخص‌های رشد را در مقابل شدت های مختلف از میدان مغناطیسی نشان داد. در این مطالعه که Khoshroo و همکاران (۲۰۱۷) اثر میدان‌های مغناطیسی به‌شدت کم فرکانس (۵۰ Hz) را روی رشد و بازماندگی بچه ماهیان انگشت قد کپور معمولی بررسی کردند، بچه ماهیان ۱۶/۷۶ گرمی را یکبار به‌مدت ۲ ساعت در معرض شدت‌های ۰/۱ ، ۰/۵، ۱ و ۲ μT از میدان مغناطیسی قرار داده و سپس به مدت ۶۰ روز آن‌ها را پرورش دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌های رشد بطور معنی‌داری با افزایش شدت میدان مغناطیسی بهبود یافتند. تیمار ۲ μT دارای بیشترین وزن نهایی، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و کمترین ضریب تبدیل غذایی بود. نرخ بازماندگی در تمام تیمارها نسبت به شاهد افزایش داشت. در نتیجه آن‌ها گزارش نمودند که میدان‌های مغناطیسی با شدت بسیار کم سبب افزایش شاخص‌های رشد و بقاء در کپور معمولی می شود. برخلاف نتایج بالا، Krylov و Chebotareva (۲۰۰۶) گزارش نمودند که قرار گرفتن ماهی کلمه، *Rutilus rutilus*، در معرض میدان الکترومغناطیسی کم فرکانس (۵۰۰ Hz) با شدت ۱۵۰ μT اندازه و وزن بچه ماهیان انگشت قد را به‌دلیل کاهش در نرخ رشد، کاهش داد. به‌نظر می‌رسد که تفاوت‌های موجود در طرح آزمایشات و میادین و شدت‌های مختلف به‌کار گرفته شده در آزمایشات مذکور در نتایج حاصل از آن‌ها دخیل بوده‌اند.

٤) جنین و لارو ماهیان

در تعداد زیادی از گونه‌های دریایی، توانایی تشخیص میدان مغناطیسی کره زمین و میدان الکتریکی، از مراحل جنینی و نوزادی آغاز می‌شود. در آزمایشات تحت کنترل مختلف نشان داده شده که میدان‌های مغناطیسی، رشد جنین ماهی‌های دریایی را به‌تأخیر می‌اندازند (Zimmermann *et al*., 1990; Cameron *et al*., 1993; Levin and Ernst, 1997). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که میدان‌های الکتریکی در رشد و نمو و تکوین سلول‌ها تغییر ایجاد می‌کنند. تأثیر بر گردش خون، تبادلات گازهای تنفسی و رشد و نمو جنین؛ و

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

ایجاد تغییر در عمل جهت‌یابی از جمله این تغییرات ایجاد شده‌اند.

در تحقیقی تخم‌های قزل‌آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss* و قزل‌آلای قهوه‌ای *Salmo trutta* از لحظه لقاح تا زمان تفریخ در معرض میدان مغناطیسی ثابت (از ۱ تا ۱۳μT) و میدان ژئومغناطیسی به عنوان شاهد، قرار داده شدند. میدان مغناطیسی بطور قابل ملاحظه‌ای رشد و نمو جنینی قزل‌آلای رنگین کمان را کاهش داد و در نتیجه دوره انکوباسیون (از لقاح تا هچ) افزایش یافت. میدان‌های مغناطیسی با شدت‌های کمتر (از ۱ تا ۵ μT) در مقایسه با میدان‌های با شدت بیشتر، تأثیر مثبتی روی رشد و نمو جنین و لارو ماهی‌ها داشتند. این موضوع به دوره انکوباسیون طولانی‌تر، کاهش تلفات در طی انکوباسیون و کوتاه شدن دوره هچ مربوط می‌شود. لاروهای بیرون آمده از تخم‌هایی که در طول کل انکوباسیون تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی باقی مانده بود، در زمان جذب کامل زرده، طویل‌تر و سنگین‌تر بودند. همچنین میدان مغناطیسی سبب افزایش ضربان قلب در جنین و لارو شد. در قزل‌آلای قهوه‌ای، بعد از قرار گرفتن در معرض میدان، فرکانس حرکات باله سینه‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین تعداد انقباضات قلبی بین دقیقه‌های ۲ و ۷ قرار گرفتن در معرض میدان اتفاق افتاد درحالیکه بیشترین تعداد حرکت‌های باله بین سومین و نهمین دقیقه از آزمایش بود. این مشخص می‌کند که گذشت زمان در شتاب گرفتن ریتم باله‌های سینه‌ای دومین واکنش است. افزایش ریتم قلب به عنوان یک پاسخ به محرک مغناطیسی، سبب مصرف انرژی پیش بینی نشده‌ای در بدن جنین می‌شود. بدنبال آن، فعالیت باله‌ها افزایش می‌یابد تا باعث شود اکسیژن بهتر در اختیار جنین قرار گیرد، زیرا باله‌های سینه‌ای در ابتدای دوران لاروی باعث چرخش شدید آب در اطراف لارو به‌ویژه در اطراف سر می‌شوند چون سر به‌طور نامتناسبی توسعه یافته است. در این تحقیق همچنین مشاهده شد که اگرچه شدت فرآیندهای تنفسی در میدان مغناطیسی افزایش یافتند، اما به مرحله رشد و نموجنینی بستگی داشت بطوریکه این موضوع مخصوصاً در دوره ارگانوژنز پیشرفته بیشتر مشهود بود (Formicki and Winnicki, 1998). افزایش فرابند جذب اکسیژن در مراحل پیشرفته تر از مورفوژنز جنین ماهی‌ها در مطالعه Formicki و Perkowski (۱۹۹۸) نیز مشاهده شد. آن‌ها جنین‌های قزل‌آلای رنگین کمان (*O. mykiss*) در مراحل مختلف از رشد و نموجنینی، تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی ثابت خفیف ۵ μT و ۱۰ μT (به ترتیب ۵۰ و G۱۰۰)، قرار دادند و نتیجه گرفتند در جنین‌هایی که تحت تأثیر میدان‌های فعال بودند در مقایسه با جنین‌هایی که در میدان مغناطیسی کره زمین رشد و نمو نمودند، جذب اکسیژن افزایش یافت. مطالعه بر روی حس جهت‌یابی و حرکت در جنین ماهی‌ها نیز انجام شد. جنین‌های قزل‌آلای قهوه‌ای و رنگین‌کمان در هر دو میدان مغناطیسی طبیعی و میدان مغناطیسی مصنوعی، حس جهت‌یابی را بروز دادند (Tanski *et al*., 2005). در یک آزمایش تحت کنترل، جنین‌ها در میدان‌های مغناطیسی مصنوعی افقی ۰/۵، ۱ ، ۲ و ۴ μT (به ترتیب ۵، ۱۰، ۲۰ و G۴۰) ، روی میدان ژئومغناطیسی قرار گرفتند وقتی با جهت قرارگیری جنین‌هایی درمعرض میدان مغناطیسی طبیعی زمین (یا همان گروه شاهد) مقایسه شدند. جهت‌یابی جنین ماهیان در پاسخ به میدان‌های مغناطیس ثابت که بطور مصنوعی تولید شدند در مقایسه با میدان مغناطیسی طبیعی کره زمین، بطور معنی‌داری بود. اما بررسی تغییرات حرکتی ایجاد شده در پاسخ به مواجه شدن در مقابل میدان های مختلف مغناطیسی با شکست مواجه شد (Winnicki *et al*., 2004).

در تحقیقی که بر روی مراحل لاروی ماهی هالیبوت کالیفرنیایی (*Paralicthys californicus*) انجام پذیرفت، نتایج به‌دست آمده نشان داد که درصد بقاء در مرحله لاروی در گروه آزمایشی که به مدت ۱۲ روز در معرض میدان الکترومغناطیسی ۳ mT قرار داده شده بودند (۴۷-۴۲ درصد) کمتر از درصد بقاء گروه شاهد (۷۴-۶۳ درصد) بود. زیست سنجی مراحل مختلف لاروی اختلاف معنی‌داری را بین گروه شاهد و گروه آزمایشی در معرض میدان الکترومغناطیسی نشان نداد (Woodruff *et al*., 2012). Lee و Yang (۲۰۱۴)، امکان استفاده از جنین مداکا را به‌عنوان یک سیستم مدل برای مطالعه اثرات بیولوژیک میدان‌های الکترومغناطیسی روی رشد و نمو جنینی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها همچنین پیامدهای رفتاری ناشی از اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی روی رشد و نمو جنین را بررسی نمودند. در این تحقیق، جنین‌های حاصل از تخم‌های تازه لقاح یافته، به‌طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند و

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

در معرض یک میدان الکترومغناطیسی با ۳/۲ کیلو هرتز (KHz) با شدت ۰/۱۲، ۱۵ ، ۲۵، و ۶۰ μT قرار داده شدند. گروهی که در معرض ۰/۱۲ μT قرار داده شدند، به‌عنوان گروه شاهد در نظر گرفته شدند. این جنین ها بطور مداوم و پیوسته تا زمان خارج شدن از تخم در معرض این میادین قرار داده شدند. چهار روز پس از خروج از تخم، تست رفتاری برای لاروها انجام شد. نتایج نشان داد که جنین‌های قرار گرفته در معرض هر سه میدان الکترومغناطیسی ۱۵، ۲۵ و ۶۰ μT، بطور معنی‌داری سریعتر رشد و نمو نمودند. نقاطی که تحت تأثیر قرار گرفتند شامل تعداد سومیت‌ها، طول و عرض چشم، چگالی تجمع رنگدانه‌ها در چشم، عرض مغز میانی، رشد سر و روز خروج از تخم بودند. بعلاوه، گروهی که در معرض میدان الکترومغناطیسی ۶۰ μT قرار گرفته بود، میزان رفتارهای شبه اضطرابی در آن‌ها بطور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌ها بود. در نتیجه میدان الکترومغناطیسی مورد آزمایش در این تحقیق به رشد و نمو جنینی شتاب داد و رفتار شبه اضطرابی را در لاروهای تازه خارج شده از تخم افزایش داد.

۵) دستگاه عصبی

هرچند که در مورد تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی به‌ویژه میادین منتشر شده از سوی دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده توسط انسان مانند دستگاه‌های مایکروویو، تلفن‌های همراه و کامپیوتر، مطالعات فراوانی بر روی دستگاه عصبی پستاندارانی مانند موش و خرگوش انجام شده است اما چنین تحقیقاتی درمورد دستگاه عصبی و مغز ماهیان بسیار اندک هستند. در یک آزمایش که توسط Samiee و Samiee (۲۰۱۷)، انجام شد، تأثیر میدان مغناطیسی به شدت کم فرکانس (۵۰Hz) با شدت‌های ۰/۱، ۱، ۳، ۵ و ۷ mT در دو مدت زمان ۰/۵ و ۱ ساعت بر هیستوپاتولوژی مغز کپورهای معمولی (۱۵-۱۲ سانتی‌متری ، ۲۵ تا ۳۰ گرم و کمتر از ۶ ماهه) مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمون، هر ماهی درون یک ظرف پلاستیکی به ابعاد ۱۵×۸×۶ سانتی‌متری و حاوی آب آکواریوم خودش قرار داده شده و فقط یک‌بار در معرض میدان قرار می‌گرفت و پس از آن به آکواریوم خودش برگردانده می‌شد و مدت ۲ هفته نگهداری می‌شد. پس از ۲ هفته، تغییرات هیستوپاتولوژیک مشخصی در مغز کپورهای مورد آزمایش گزارش شد. بروز نکروز در بافت مغز کپورهای قرار داده شده در معرض میدان با شدت مساوی و بیشتر از ۳ mT مشاهده گردید. همچنین مشاهده شد که هرچه مدت زمان و شدت میدان مواجه‌سازی بیشتر شد شدت بروز ضایعات هیستوپاتولوژیکی در مغز نیز افزایش داشت. بنابراین بیان گردید که شدت میدان و مدت زمان قرارگیری در معرض میدان شاخص‌های کلیدی در القای ضایعه در مغز بودند.

٦) تولید مثل

در اغلب مطالعات انسانی و آزمایشات انجام شده بر روی موش‌های آزمایشگاهی همواره بر تاثیر زیانبار میدان‌های الکترومغناطیسی بر دستگاه عصبی و دستگاه تولید مثل بخصوص در جنس نر تاکید شده است. اما آیا این میدان‌ها می‌توانند بر تولید مثل ماهی ها بطور موثری تأثیرگذار باشند؟ امروزه به‌دلایل فراوانی از جمله کاهش ذخایر آبزیان بخاطر افزایش صید و افزایش آلودگی‌های زیست محیطی و تغییر اقلیم و ...، به پرورش آبزیان در محیط‌های محصور بیشتر روی آورده شده است. اگرچه آبزی‌پروری در دنیا از قدمت طولانی برخوردار است ولی آبزی‌پروری نوین و صنعتی به تازگی رو به گسترش است و این امر موجب گردیده تا آبزیان بیش از پیش در معرض انواع دستگاه‌های الکترونیکی قرار گیرند لذا پاسخ به سوال مذکور می‌تواند یکی از چالش‌های مهم در امر تکثیر و پرورش آبزیان باشد. در مطالعه‌ای بر روی ماهی آزاد چام (*O. keta*)، گزارش شد که در درصد تولید تخم و نرخ لقاح در مولدین ماده قرار داده شده در معرض میدان الکترومغناطیسی هیچ افزایشی مشاهده نشد (Prentice *et al*., 1998). در مولدین ماده آنجل که تاثیر قرار گرفتن در معرض امواج الکترومغناطیسی منتشره از تلفن‌های همراه بر برخی از شاخص‌های تولید مثلی آن‌ها مورد آزمایش قرار گرفت، مولدین به مدت ده روز و در ۳ گروه آزمایشی شامل: ۱- شاهد(بدون دریافت امواج)، ۲- روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه در مجاورت تلفن همراه در حالت روشن و بدون مکالمه و ۳- روزانه ۴ بار و هر بار ۳۰ دقیقه، در مجاورت تلفن همراه در حالت برقراری تماس، مورد مطالعه قرار گرفتند. تعداد ماهیانی که موفق به تخم‌ریزی شده بودند در گروه شاهد بیشتر از دو گروه دیگری بود که در معرض تلفن همراه قرار داشتند، درحالی‌که میزان هورمون GTH II در دو گروه مزبور و به‌ویژه در مورد گروه قرارداده شده در مجاورت تلفن همراه

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

در حالت برقراری تماس به‌طور معنی‌داری بیشتر از مولدین گروه شاهد بود. اگرچه پایین بودن GTH II گروه شاهد به‌دلیل آن بود که اکثر مولدین در این گروه تخم‌ریزی کرده بودند و تبعاً کاهش این هورمون به‌دنبال تخم‌ریزی در ماهی اتفاق افتاده بود. از طرفی قرار گرفتن در معرض میدان الکترومغناطیسی منتشر شده از دستگاه تلفن همراه چه در شرایط بدون مکالمه و چه در حالت برقراری تماس سبب شد تا علیرغم افزایش هورمون GTH II (که یک هورمون جهت القای اوولاسیون و فراهم نمودن شرایط تخم‌ریزی است) در این مولدین تخم‌ریزی صورت نگیرد. در مطالعه مذکور بررسی‌های بافت تخمدان نشان داد که میزان آترزیا در گروه مولدین مواجه شده با تلفن‌های همراه در حالت برقراری تماس به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو گروه دیگر بود. با برقرار شدن شرایط برقراری تماس، مولدین ماده آنجل در معرض شدت بیشتری از میدان‌های الکترومغناطیسی تلفن‌های همراه مجاور آکواریوم قرار داشتند و با افزایش شدت میدان عدم موفقیت در تخم‌ریزی و نیز افزایش تخمک‌های آسیب دیده و ناقص در بافت تخمدان مولدین این گروه نیز نسبت به سایر گروه‌ها مشهود بود (احمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۳الف). در آزمایش مشابهی که بر روی مولدین کوی نیز انجام شد کاهش موفقیت تولید مثلی در مولدین ماده و نر گزارش گردید (احمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۳ب).

نتیجه گیری

در بدن موجودات زنده یون‌های مختلفی از جمله پتاسیم، کلسیم، کلرید، سدیم، بی کربنات، آمینواسید و منیزیم وجود دارد. یون ها به‌ویژه یون کلسیم، نقش پل ارتباط شیمیایی بین میدان‌های الکترومغناطیسی و فرایند-های حیاتی داخل سلول را بازی می‌کند. سلول‌های بیولوژیکی، سلول‌هایی بیوالکتروشیمیایی‌اند که با محیط اطرافشان به روش‌های مختلفی از جمله فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی و الکتریکی بر هم کنش دارند. غشاء سلولی به دلیل تنظیم جریان یون‌ها بین فضای داخل و خارج سلول نقش مهمی در خصوصیات الکتریکی سلول دارد. نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌های گوناگون متفاوت است به‌طوری‌که این نفوذپذیریِ گزینشی نقش بسیار مهمی در رویدادهای فیزیولوژیکی دارد. با فعال شدن سلول، نفوذپذیری غشاء نسبت به یون ها تغییر کرده و منجر به تغییر رفتار سلول می‌شود. مهم‌ترین عامل جابجایی یون‌ها، تفاوت غلظت آن‌ها در داخل و خارج سلول است. بنا به قانون انتشار یون‌ها تمایل دارند از محیط با غلظت بالاتر به محیط با غلظت پایین‌تر جریان یابند. تفاوت غلظت یون‌ها در داخل و خارج سلول، سبب به‌وجود آمدن یک میدان الکتریکی در عرض غشاء سلولی می‌شود که به یون‌های در حال عبوراز غشاء نیز نیرو وارد می‌کند.

اما این تبادلات یونی در سلول‌های بدن ماهی‌ها بدلیل زندگی در محیط آبی بیشتر نمود می‌یابد. وجود یون‌های گوناگون در محیط دریایی و یا حتی آب شیرین هم شاید عامل مضاعفی بر جریان‌های یونی و برقراری شرایط بیوالکتریک در اطراف سلول‌های بدن ماهیان باشد. فرایندهای بیوالکتریک بویژه در سلول‌های عصبی و ماهیچه‌ای بیشتر نمود دارند و این خصوصیت آن‌ها را نسبت به امواج الکترومغناطیس حساستر می‌نماید. دستگاه تولید مثل به دلیل جای دادن سلول‌های ژرمینال و تقسیمات سلولی مداوم و سلول‌های جنین به‌دلیل تقسیمات متوالی در جریان رشد و نمو، همواره نیاز به جریان نقل و انتقالات یونی در فرآیندهای فیزیولوژیکی خود دارند و این موضوع سبب تأثیر پذیرتر بودن آن‌ها نسبت به امواج الکترومغناطیس شده است.

در مرور مقالات به ثبت رسیده در حوزه مطالعات تأثیر امواج و میدان‌های الکترومغناطیسی بر آبزیان توجه به این نکته حائز اهمیت است که در این مطالعات هیچ استانداردی وجود نداشته است. همچنین تفاوت‌های موجود در نتایج حاصل از این تحقیقات را می‌توان به‌وجود اختلافات گسترده در روش کارهای موجود در این مطالعات، تفاوت در گونه و جنس ماهی و یا در مراحل مختلف زندگی ماهی مورد آزمایش، تنوع فراوان در طراحی تیماربندی برای قرار دادن در معرض امواج و استفاده از دستگاه‌های مختلف جهت ایجاد امواج و شرایط مختلف محیطی نسبت داد. با وجود مطالعاتی که تاکنون انجام شده‌اند هنوز ابهامات فراوانی در مورد تأثیر سوء امواج و میدان‌های الکترومغناطیسی بر ماهی‌ها وجود دارد.

منابع

احمدنژاد، م.، مقصودیه کهن، ح.، دژندیان، س.، صیاد بورانی، م. و خارا، ح.، ۱۳۹۶. تاثیر امواج

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

الکترومغناطیسی تلفن همراه بر شاخص‌های خونی ماهی کوی (*Cyprinus carpio*) ماده بالغ. ارائه شده در دوازدهمین همایش علوم و فنون دریایی مشهد مقدس. صص ۲۶۵-۲۶۰.

احمدنژاد، م.، صیاد بورانی، م.، دژندیان، س.، حسین زاده صحافی، ه.، خانی پور، ع.ا.، ولی پور، ع.ر.، حسینجانی، ع. و خارا، ح.، ۱۳۹۷الف. تأثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر شاخص‌های تولیدمثلی ماهیان آنجل *Pterophyllum scalare* ماده بالغ. محیط زیست جانوری، دوره ۱۰، شماره ۱، صص ۲۱۲-۲۰۵.

احمدنژاد، م.، صیاد بورانی، م.، دژندیان، س.، متین فر، ع.، خارا، ح.، حسین زاده صحافی، ه.، دادگر، ش. و صادقی‌نژاد، ا.، ۱۳۹۷ب. تأثیر امواج الکترومغناطیسی تلفن همراه بر شاخص‌های خونی و تولیدمثلی ماهیان کوی (*Cyprinus carpio*) مولد. فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، دوره ۶، شماره ۱، صص ۱۱۶-۹۵.

بهمنی، م.، آقا کوچکی، م. و تکریمی نیاراد، م.، ۱۳۹۳. کاربرد میدان‌های مغناطیسی ثابت بر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب و تأثیر آب مغناطیسی شده بر بیوفیزیولوژی ماهی طلایی *Carassius auratus*. مجله آبزیان زینتی. سال اول، شماره ۲، صص ۱۰-۱.

Adair, R.K., 1998. A physical analysis of the ion parametric resonance model. Bioelectromagnetics, 19: 181–191.

Auger, N., Park, A.L., Yacouba, S., Goneau, M. and Zayed, J., 2012. Still birth and residential proximity to extremely low frequency power transmission lines: a retrospective cohort study. Occupational and Environmental Medicine, 69: 147–149.

Augner, C., Gnambs, T., Winker, R. and Barth, A., 2012. Acute effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on subjective well-being and physiological reactions: A meta-analysis. Science of the Total Environment, 424: 11–15.

Balayev, L.A., 1980. The behavior of ecologically different fish in electric fields II – Threshold of anode reaction and tetanus. Journal of Ichthyology, 21(1): 134-143.

Balayev, L.A. and Fursa, N.N., 1980. The behavior of ecologically different fish in electric fields I.Threshold of first reaction in fish. Journal of Ichthyology, 20(4): 147-152.

Balmori, A., 2009. Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. Pathophysiology, 16: 191–199.

Banik, S., Bandyopadhyay, S. and Ganguly, S.B., 2003. Effects of microwave–a brief review. Bioresource Technology, 87: 155-159.

Basov, B.M., 1999. Behavior of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) and Russian sturgeon (*A. gueldenstaedtii*) in low-frequency electric fields. Journal of Ichthyology, 39:782-787

Bawin, S.M. and Adey, W.R., 1976. Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to weak environmental electric fields oscillating at low frequency. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 73: 1999-2003.

Bochert, R. and Zettler, M.L., 2004. Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. Bioelectromagnetics, 25: 498-502.

Browne, M., 2013. Physics for engineering and science (2nd ed.). McGraw Hill/Schaum, New York, 464 P.

Cameron, I.L., Hunter, K.E. and Winters, W.D., 1985. Retardation of embryogenesis by extremely low frequency 60 Hz electromagnetic fields. Physiological Chemistry and Physics and Medical NMR, 17: 135–138.

Cameron, I.L., Hardman, W.E., Winters, W.D., Zimmerman, S. and Zimmerman,

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

A.M., 1993. Environmental magnetic fields: influences on early embryogenesis. Journal of Cell Biochemistry, 51:417-425.

Cember, H., 1992. Introduction to health physics. 2nd ed. NewYork: McGrow Hill, 54 P.

Chebotareva, Y.V., Izyumov, Y.G. and Krylov, V.V., 2009. The effect of an alternating electromagnetic field upon early development in roach (*Rutilus rutilus*: Cyprinidae, Cypriniformes). Journal of Ichthyology, 49: 409–415.

Cucurachi, S., Tamis, W.L., Vijver, M.G., Peijnenburg, W.J., Bolte, J.F. and de Snoo, G.R., 2013. A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). Environment International, 51: 116–140.

Cuppen, J.J.M., Wiegertjes, G.F., Lobee, H.W.J., Savelkoul, H.F.J., Elmusharaf, M.A., Beynen, A.C., Grooten, H.N.A. and Smink, W., 2007. Immune stimulation in fish and chicken through weak low frequency electromagnetic fields. Environmentalist, 27: 577–583.

Elliott, P. Shaddick, G., Douglass, M., de Hoogh, K., Briggs, D.J. and Toledano, M.B., 2013. Adult cancers near high-voltage overhead powerlines. Epidemiology, 24: 184–190.

Fisher, C. and Slater, M., 2010. Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review. Electromagnetic Field Study. 0905-00-001. Oregon Wave Energy Trust. www.oregonwave.org

Focke, F., Schuermann, D., Kuster, N. and Schär, P., 2010. DNA fragmentation in human fibroblasts under extremely low frequency electromagnetic field exposure. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 683(1-2): 74-83.

Formicki, K. and Perkowski, T., 1998. The effect of magnetic field on the gas exchange in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* embryos (Salmonidae). The Italian Journal of Zoology, 65: 475-477.

Formicki, K. and Winnicki, A., 1998. Reactions of fish embryos and larvae to constant magnetic fields, Italian Journal of Zoology, 65(S1): 479-482.

Gill, A.B. and Taylor, H., 2002. The potential effects of electromagnetic field generated by cabling between offshore winds turbines upon elasmobranch fishes. Report to the Countryside Council for Wales (CCW Contract Science Report No 488). 76 P.

Gill, A.B. and Kimber, J.A., 2005. The potential for cooperative management of elasmobranchs and offshore renewable energy development in UK waters. Journal of Marine Biological Association of the U.K. 85: 1075-1081.

Gill, A.B. and Bartlett, M., 2010. Literature review on the potential effects of electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments on Atlantic salmon, sea trout and European eel. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No.401. 43 P.

Groot, C. and Margolis, L., (editors), 1998. Pacific salmon life histories. UBC Press. Vancouver, Canada. 86 P.

He, Y.L., Liu, D.D., Fang, Y.J., Zhan, X.Q., Yao, J.J. and Mei, Y.A., 2013. Exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields modulates Naþ currents in rat cerebellar granule cells through increase of AA/PGE2 and EP receptor-mediated cAMP/PKA pathway. PLOS

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

ONE, 8: e54376.

Health Protection Agency-UK, Advisory Group on Non-ionising Radiation AGNIR. 2012, Health effects from radiofrequency electromagnetic fields (RCE 20). Available from: (http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&HPAwebStandard/ HPAweb_C/1317133826368).

Herbert, M.R. and Sage, C., 2013. Autism and EMF? Plausibility of a pathophysiological link – Part I. Pathophysiology, 20: 191–209.

Kaijura, S.M., 2003. Electroreception in neonatal bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*. Marine Biology, 143: 603–611.

Kalmijn, A.J., 1966. Electro-perception in sharks and rays. Nature, 212: 1232-1233.

Kalmijn, A.J., 1982. Electric and magnetic field detection in elasmobranch fishes. Science, 218: 916–918.

Kalmijn, A.J., 2000. Detection and processing of electromagnetic and near-field acoustic signals in elasmobranch fishes. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Board of Biological Sciences, 355: 1135-1141.

Khoshroo, M.M.Z., Mehrjan, M.S., Samiee, F., Soltani, M. and Shekarabi, S.P.H., 2017. Some immunological responses of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerling to acute extremely low-frequency electromagnetic fields (50 Hz). Fish Physiology and Biochemestry, Published online. Vol. 15 No. 4 pp. 299-308. DOI: 10.1007/s10695-017-0429-1.

Kilfoyle, A.K., Jermain, R.F., Dhanak, M.R., Huston, J.P. and Spieler, R.E., 2018. Effectsof EMF emissions from undersea electric cableson coral reef fish. Bioelectromagnetics, 39: 35-52.

Krylov, V.V. and Chebotareva, Yu.V., 2006. Incubation of eggs of roach *Rutilus rutilus* (L.) in an alternating electromagnetic field with a frequency of 500 Hz causes anomalies of axial skeleton in fingerlings. Ecology of Freshwater Ecosystems and the State of Health of the Population (Dimur, Orenburg), pp. 80–86.

Lagroye, I., Percherancier, Y., Juutilainen, J., DeGannes, F.P. and Veyret, B., 2011. ELF magnetic fields: Animal studies, mechanisms of action. Progressive Biophysics and Molecular Biology, 107, 369–373.

Lee, W. and Yang, K.L., 2014. Using medaka embryos as a model system to study biological effects of the electromagnetic fields on development and behavior. Ecotoxicology and Environmental Safety, 108: 187–194.

Lee, D., Lee, J. and Lee, I. 2015. Cell phone-generated radio frequency electromagnetic field effects on the locomotor behaviors of the fishes Poecilia reticulata and Danio rerio. International Journal of Radiation Biology, Early Online. Pp. 1–8.

Levin, M. and Ernst, S., 1997. Applied AC and DC magnetic fields cause alterations in the mitotic cycle of early sea urchin embryos. Bioelectro-magnetics, 16(4): 231 – 240.

Li, D.K., Odouli, R., Wi, S., Janevic, T., Golditch, I., Bracken, T.D., Senior, R., Rankin, R. and Iriye, R., 2002. Apopulation-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. Epidemiology, 13: 9–20.

Loghmannia, L., Heidari, B., Rozati, S.A. and Kazemi, S., 2015. The physiological responses of the Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) fry

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

to the static magnetic fields with different intensities during acute and subacute exposures. Ecotoxicology and Environmental Safety, 111: 215–219.

Mahram, M. and Ghazavi, M., 2013. The effect of extremely low frequency electromagnetic fields on pregnancy and fetal growth, and development. Archives of Iranian Medicine, 16: 221–224.

Marino, A.A. and Becker, R.O., 1977. Biological effects of extremely low frequency electric and magnetic fields: A review. Physiological Chemistry and Physics, 9(2): 131-148.

Mann, S., Sparks, N.H.C., Walker, M.M. and Kirschvink, J.L., 1988. Ultrastructure, morphology and organization of biogenic magnetite from sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*—implications for magnetoreception. Journal of Experimental Biology, 140: 35–49.

Mattsson, M.O. and Simkó, M., 2012. Is there a relation between extremely low frequency magnetic field exposure, inflammation and neurodegenerative diseases? A review of invivo and invitro experimental evidence. Toxicology, 301: 1–12.

McMurray, G., 2007. Wave energy ecological effects workshop ecological assessment briefing paper. Hatfield Marine Science Center, Oregon State University. In: Fisher, C., and Slater, M., 2010. Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review. Electromagnetic Field Study. 0905-00-001. Oregon Wave Energy Trust. www.oregonwave.org

Nie, Y., Chen, Y., Mou, Y., Weng, L., Xu, Z., Du, Y., Wang, W., Hou, Y. and Wang, T., 2013. Low frequencymagneticmagnetic fields enhance antitumor immune response against mouse H22 hepatocellular carcinoma. PLOS ONE, 8(11): e72411

Nishi, T., Kawamura, G. and Matsumoto, K., 2004. Magnetic sense in the Japanese eel, *Anguilla japonica*, as determined by conditioning and electrocardiography. The Journal of Experimental Biology, 207: 2965-2970.

Nofouzi, K., Sheikhzadeh, N., Mohammad-Zadeh Jassur, D. and Ashrafi-Helan, J., 2015. Influence of extremely low frequency electromagnetic fields on growth performance, innate immune response, biochemical parameters and disease resistance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Fish Physiology and Biochemistry, 41: 721-731.

Prentice, E.F., Downing, S.L., Nunnallee, E.P., Peterson, B.W., Jonasson, B.F., Snell, G.A. and Frost, D.A., 1998. Study to determine the biological feasibility of a new fish tagging system, part III. Prepared for U.S. Department of Energy, Bonneville Power Administration. In: Fisher, C., and Slater, M., 2010. Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review. Electromagnetic Field Study. 0905-00-001. Oregon Wave Energy Trust. www.oregonwave.org

Purcell, E.M. and Morin, D.J., 2013. Electricity and Magnetism (3rd ed.). Cambridge University Press, New York, 820 P.

Regel, S.J. and Achermann, P., 2011. Cognitive performance measures in bioelectromagnetic research critical evaluation and recommendations. Environmental Health, 10: 10.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

Qiu, C., Fratiglioni, L., Karp, A., Winblad, B. and Bellander, T., 2004. Occupational exposure to electromagnetic fields and risk of Alzheimer's disease. Epidemiology, 15: 687–694.

Quinn, T.P., 1981. Compass orientation of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Abstract only. Doctorate Dissertation. University of Washington, Seattle, Washington. In: Fisher, C., and Slater, M., 2010. Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review. Electromagnetic Field Study. 0905-00-001. Oregon Wave Energy Trust. www.oregonwave.org.

Quinn, T.P. and Groot, C., 1983. Orientation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) after internal and external magnetic field alteration. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40: 1598-1606.

Reese, J., Jostes, R. and Frazier, M., 1988. Exposure of mammalian cells to 60-Hz magnetic or electric fields: Analysis for DNA single-strand breaks. Bioelectromagnetics, 9(3): 237-47.

Samiee, F. and Samiee, K., 2017. Effect of extremely low frequency electromagnetic field on brain histopathology of Caspian Sea *Cyprinus carpio*. Electromagnetic Biology and Medicine, 36: 31-38.

Sermage-Faure, C., Demoury, C., Rudant, J., Goujon-Bellec, S., Guyot-Goubin, A., Deschamps, F., Hemon, D. and Clavel, J., 2013. Childhood leukaemia close to high-voltage power lines – the Geocap study, 2002–2007. British Journal of Cancer, Published Online. http://dx.doi.org/10.1038/bjc.2013.128.

Sun, J.W., Li, X.R., Gao, H.Y., Yin, J.Y., Qin, Q., Nie, S.F. and Wei, S., 2013. Electromagnetic field exposure and male breast cancer risk: a meta-analysis of 18 studies. Asian Pacific Journal Cancer Prevention, 14: 523–528.

Tanski, A., Formicki, K., Korzelecka-Orkisz, A. and Winnicki, A., 2005. Spatial orientation of fish embryos in magnetic field. Electronic Journal of Ichthyology, 1: 21-34.

Ueda, H.K.M., Mukasa, K., Urano, A., Kudo, H., Shoji, T. and Tokumitsu, Y., 1998. Lacustrine sockeye salmon return straight to their Natal Area from open water using both visual and olfactory cues. Chemical Senses, 23(2): 207-212.

Van Rongen, E., Croft, R., Juutilainen, J., Lagroye, I., Miyakoshi, J., Saunders, R., de Seze, R., Tenforde, T., Verschaeve, L., Veyret, B. and Xu, Z., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B Critical Reveiw, 12: 572–597.

Vianale, G., Reale, M., Amerio, P., Stefanachi, M., DiLuzio, S. and Muraro, R., 2008. Extremely low frequency electromagnetic field enhances human keratinocyte cell growth and decreases proinfammatory chemokine production. British Journal of Dermatology, 158: 1189–1196.

Walker, M.M., Quinn, T.P., Kirschvink, J.L. and Groot, T., 1988. Production of single-domain magnetite throughout Life by Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*. Journal of Experimental Biology, 140:51-63.

Walker, M.M., Diebel, C.E. and Kirschvink, J.L., 2003. Detection and use of the earth's

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

magnetic field by aquatic vertebrates. In Sensory Processing in Aquatic Environments (S.P. Collins and N.J. Marshall, eds). Springer, New York. pp. 53-74

Westerberg, H. and Begout-Anras, M.L., 2004. Orientation of silver eel (*Anguilla anguilla*) in a disturbed geomagnetic field. In: A. -Moore and I. Russell (eds.) Advances in Fish Telemetry. Proceedings of the 3rd Conference on Fish Telemetry. Lowestoft: CEFAS, pp. 149-158. As cited in Westerberg, H. and I. Lagenfelt. 2008. Sub-sea Power Cables and the Migration Behaviour of the European eel. Fisheries Management and Ecology, 15(5-6): 369-375.

Westerberg, H. and Lagenfelt, I., 2008. Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European Eel. Fisheries Management and Ecology, 15(5-6): 369-375.

Winnicki, A., Korzelecka-Orkisz, A., Sobocinski, A., Tanski, A. and Formicki, K., 2004. Effects of the magnetic field on different forms of embryonic locomotor activity of Northern Pike, *Esox lucius* L. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 34(2): 193–203.

Woodruff, D.L., Schultz, I.R., Marshall, K.E., Ward, J.A. and Cullinan, V.I., 2012. Effects of electromagnetic fields on fish and invertebrates, Task 2.1.3: Effects on Aquatic Organisms Fiscal Year 2011 Progress Report, Environmental Effects of Marine and Hydrokinetic Energy. Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, 68 P.

Zaffanella, L.E., Kavet, R., Pappa, J.R. and Sullivan, T.P., 1997. Modeling magnetic fields in residences: Validation of the RESICALC program. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 7(2): 241-59.

Zimmermann, S., Zimmermann, A.M., Winters, W.D. and Cameron, I.L., 1990. Influence of 60-Hz magnetic fields on sea urchin development. Bioelectromagnetics, 11: 37-45.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]

The effects of electromagnetic fields on fish

Ahmadnezhad M.[1*]; Sharifiyan M. [2]; Khara H.[3]

[*] m_ahmadnezhad@yahoo.com

1-Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran
2-Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3-Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Abstract

The objective of this paper is to survey the results of studies on the biological effects of electromagnetic fields on fish. First, the basic concepts of electromagnetism and electromagnetic spectrum and the importance of studying it in the case of fish are discussed. Then a summary of the results obtained on the effects of extremely low frequency electromagnetic fields (ELF-EMFs) and radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMFs) with on fishes susceptible to electromagnetism as well as other fish in the field of behavior, blood circulation and immune parameters, growth and survival, embryos, Larvae and reproduction are investigated. As a result, in some studies, the effect of these fields on fish was not reported, while in other categories of these studies, significant effects on behavior and other physiological parameters of fish were observed. The differences in the type of species tested the type of field studied, the design of the research treatments and the test conditions are among the factors influencing the contradictory outcomes of the research.

Keywords: Aquatic, Electromagnetic, Radio waves, Cell phones, Sea, Cable, Ornamental Fish.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.2.6.8]