کلیدواژه‌ها: انتخاب طبیعی، داروین، نظریهٔ ترکیبی نوین، نظریهٔ استاندارد تکامل، نظریهٔ ترکیبی تکمیلی.

تکاملِ تکامل

آیا نظریهٔ تکامل نیازمند بازاندیشی است؟

ترجمه: دکتر گلناز آقازاده تبریزی
دانشگاه مدیریت هرتی، برلین

اشاره

نظریه‌های تکاملی جانداران نه فقط از بحث‌انگیزترین مباحث زیست‌شناسی‌اند، بلکه از معروف‌ترین و پرسروصداترین موضوع‌های علمی نیز به شمار می‌روند. یکی از این نظریه‌ها، یعنی نظریهٔ «انتخاب طبیعی» از آن گروه از نظریه‌های علمی تاریخ علم است که تعداد بسیار زیادی هوادار و مخالف دارد که گاه و بی‌گاه بین آن‌ها بحث‌های عمیق و دامنه‌داری درمی‌گیرد. گفت‌وگو و بحث و جدل دربارهٔ نظریه‌های تکاملی از محدودهٔ علم زیست‌شناسی خارج شده و به زمینه‌های دیگر علوم، حتی علوم انسانی نیز نفوذ کرده است. آنچه در اینجا می‌آید، مباحثهٔ بین دو گروه از دانشمندان زیست‌شناس و تکامل پژوه است دربارهٔ نظریهٔ انتخاب طبیعی و در پاسخ به این پرسش که «آیا به نظر شما «نظریهٔ ترکیبی نوین انتخاب طبیعی» کامل و کافی است، یا ناقص و نیازمند به بازاندیشی و تکمیل است؟». یکی از این دو گروه نظریهٔ انتخاب طبیعی داروینی را کامل و جامع می‌داند، در حالی که گروه دیگر آن را ناکافی و ناقص می‌داند و اعضای گروه برای تکمیل آن نظریه‌ای تحت عنوان «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» پیشنهاد داده‌اند.

ما اعتقاد داریم که «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» نحوهٔ عملکرد تکامل را روشن می‌کند

۱ گروه موافق بازاندیشی

کوین لالند[1] استاد زیست‌شناسی تکاملی و رفتار، در دانشگاه سنت اندرو، انگلستان، و همکاران: توبیاس اولر[2]، مارک فلدمن[3]، کیم سترلنی[4]، گرد ب. مولر[5]، ارمین موچک[6]، ایوا جابلونکا[7] و جان اودلینگ-سمی[8]. رایانامه: knl1@st-andrews.ac.uk

۱

گروه موافق بازاندیشی: بله فوراً! چون اگر نظریهٔ تکامل بسط و تکامل پیدا نکند، فرایندهای کلیدی بسیاری توجیه‌ناپذیر باقی می‌مانند.

چارلز داروین، ارائه‌دهندهٔ نظریهٔ تکامل از طریق انتخاب طبیعی، اطلاعی از وجود ژن‌ها نداشت؛ در حالی که امروزه رودخانهٔ اصلی نظریهٔ تکامل تقریباً فقط بر بستر بررسی توارث ژنتیک و فرایندهایی که فراوانی ژن‌ها را در جمعیت‌ها تغییر می‌دهند، جریان دارد.

داده‌های حاصل از زمینه‌های مجاور زیست‌شناسی نیز این نوع نگرش را محدود و ناکافی می‌دانند. نگرش دیگری نسبت به تکامل در حال شکل‌گیری است. این نظریه، علاوه بر ژن‌ها، مکانیسم‌های دخیل در رشد و تکوین را هم از ابزارهای تکامل می‌داند.

عده‌ای از ما شش سال پیش برای اولین بار دور هم جمع شدیم تا این پیشرفت‌ها را بررسی کنیم. گروه ما از آن زمان تاکنون به‌صورت بین‌رشته‌ای سخت کار کرده و چارچوبی گسترده‌تر را توسعه داده که «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی»[16] نامیده می‌شود. ما با آن در حال اصلاح و تکمیل ساختارها، فرض‌ها و پیش‌بینی‌ها هستیم. این «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی»، در اصل نیروهای مهم محرک تکامل، یعنی آن‌هایی را که نمی‌توان فقط به ژن‌ها تقلیل داد، به نظریهٔ تکامل می‌افزاید.

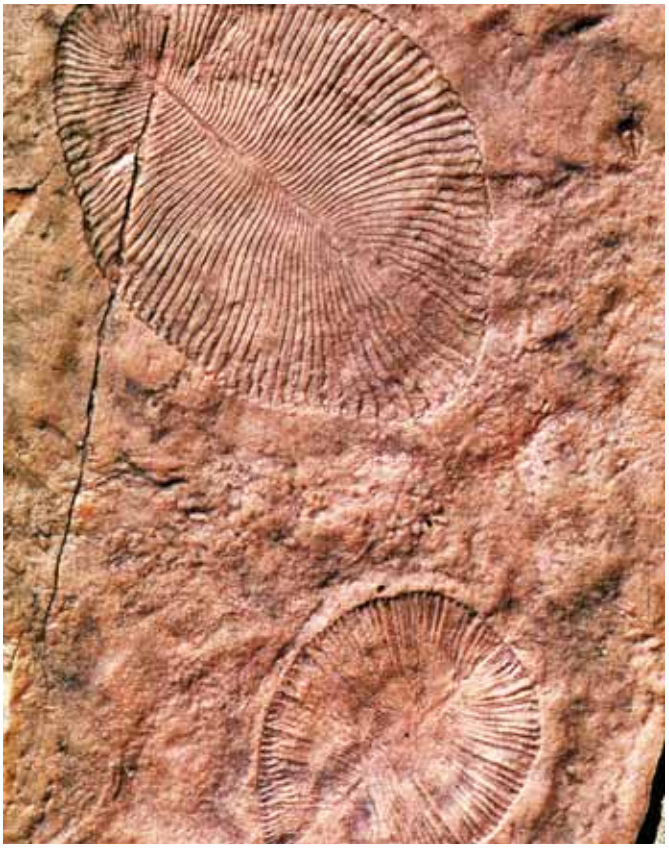
ما اعتقاد داریم که «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» نحوهٔ عملکرد تکامل را روشن می‌کند؛ معتقدیم که موجودات زنده طی رشد و نمو و تکوین خود شکل می‌گیرند، نه مطابق با «برنامه‌ای» ژنتیک و از پیش

مدل‌های ریاضی پویایی تکاملی که توارث غیرژنی را در محاسبات خود وارد می‌کنند، نتایج متفاوتی نسبت به مدل‌های دیگر پیش‌بینی می‌کنند

نوشته شده توسط ژن‌ها. موجودات زنده تکامل نمی‌یابند تا با محیطی که از پیش وجود داشته است، سازگار باشند؛ بلکه محیط خود را هم‌زمان با تکامل خود تغییر می‌دهند و منجر به تغییر اکوسیستم‌ها می‌شوند.

تعداد زیست‌شناسانی که خواستار تغییر در نحوهٔ انعکاس تکامل در ذهن انسان‌اند، با سرعت در حال افزایش است. رشته‌های وابسته به زیست‌شناسی، به‌خصوص زیست‌شناسیِ تکوینی، ژنومیک، اپی‌ژنتیک، اکولوژی و نیز علوم اجتماعی از این تغییرات پشتیبانی می‌کنند. ما ادعا می‌کنیم که زیست‌شناسی تکاملی، اگر بخواهد بیشترین سود را از یافته‌های شاخه‌های دیگر زیست‌شناسی ببرد، نیازمند تجدیدنظر است. داده‌هایی که از موضع ما پشتیبانی می‌کنند، روز به‌روز افزایش می‌یابند.

از سوی دیگر، غالباً کافی است فقط به «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» اشاره کنیم تا موجب تحریک واکنش‌های عاطفی و حتی خصمانه در میان زیست‌شناسان تکاملی شویم. این بحث‌های حیاتی در بیشتر موارد به‌تندی کردن و متهم کردن یکدیگر به مغلطه و سفسطه تقلیل می‌یابند. شاید به‌دلیل سال‌ها مقابله با مخالفانِ علم و طرفداران «طراحی هوشمندانه»، زیست‌شناسان تکاملی عادت کرده‌اند جبههٔ واحد و منسجمی را در برابر مخالفان به نمایش بگذارند. ممکن است برخی دیگر از این هراس داشته باشند که حضور دانشمندان حوزه‌های دیگر، مانند فیزیولوژیست‌ها و زیست‌شناسان تکوینی، منابع مالی و اعتبار علمی ایشان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اما مهم این است که بسیاری از تکامل‌پژوهان سنتی فرایندهایی را که ما نادیده می‌گیریم، به‌صورت دیگری درک می‌کنند (برای توضیح بیشتر مراجعه کنید به بخش: نه! همین‌طور خوب است! در همین مقاله)؛ اما این «آب در خوابگه دانشگاهیان!» نیست، بلکه کوششی است در راه تکامل این رشتهٔ علمی. در این مقاله سعی می‌کنیم منطق «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» را شرح دهیم، به این امید که آغازگر مباحثه‌های علمی آزادانه‌ای باشیم که به دور از تعصب علل بنیادی تغییرات تکاملی را به چالش بکشد.

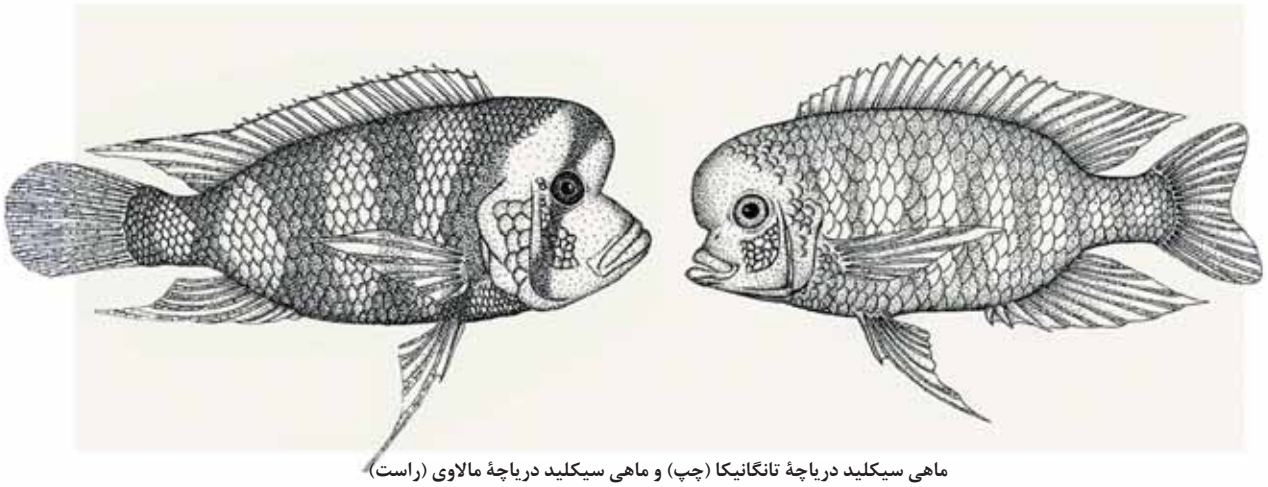


ارزش‌های پایه

اساسِ نظریهٔ تکامل امروزی در دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ گذاشته شد. این نظریه، انتخاب طبیعی، ژنتیک و زمینه‌های دیگر را با هم ترکیب کرد و توافقی در مورد چگونگی رخ دادن تکامل به‌وجود آورد. این نظریه که «نظریهٔ ترکیبی نوین» نام گرفته است، تغییرات تکاملی را به‌زبان ریاضی و به‌صورت تغییر در فراوانی ژن‌های جمعیت‌ها در طول زمان نمایش می‌دهد؛ مانند تغییرِ فراوانیِ ژنِ مقاومت به ویروس میکسوما[۱۷] در جمعیتِ خرگوش‌ها.

از آن موقع تاکنون، پیشرفت‌های سازگار با این «نظریهٔ ترکیبی نوین» در زیست‌شناسی تکاملی گنجانیده شده است. یکی از آن‌ها «نظریهٔ انتخاب خنثی»[۱۸] است که بر رویدادهای تصادفیِ دخیل در تکامل تأکید دارد. با این‌حال، «نظریهٔ استاندارد تکامل»[۱۹] تا حد زیادی مفروضات «نظریهٔ ترکیبی نوین» را که هم‌چنان بسیار مورد قبول است حفظ کرده است.

داستانی که «نظریهٔ استاندارد تکامل» روایت می‌کند ساده است: «تفاوت‌های فردی از جهش‌های تصادفی ژنتیک ناشی می‌شوند؛ توارث از طریق DNA رخ می‌دهد و انتخاب طبیعی، یعنی همراهی موجودات زنده با محیط، تنها علت سازگاری است». در این دیدگاه، پیچیدگی تغییرات تکوینی هر موجود زنده، یعنی تغییراتی که در فرایند رشد و نمو در طول زمان رخ می‌دهند، اهمیت ثانویه دارند و حتی گاه



ماهی سیکلید دریاچهٔ تانگانیکا (چپ) و ماهی سیکلید دریاچهٔ مالاوی (راست)

بی‌اهمیت انگاشته می‌شوند.

بـه نظر ما، این نگرشِ «ژن‌محـور» نمی‌تواند طیف کامل همهٔ فرایندهایی که تکامل را به‌پیش می‌برند، در بربگیرد. این جورچین چهار قطعهٔ گم‌شـده دارد: چگونه تفاوت‌های فردی بر اثر تکوین فیزیکی جاندار (اثر تکوین) پدید می‌آیند؟ چگونه صفات جاندار بر اثر دخالت مستقیم محیط زیست (انعطاف‌پذیری) ایجاد می‌شـوند؟ چگونه جاندار باعث تغییرِ محیط زیست خود می‌شود (کنام‌سازی)؟ و چگونه اطلاعات ژنتیک غیرژنی توسط جانداران به ارث می‌رسد (توارث غیر ژنی)؟ در «نظریهٔ اسـتاندارد تکامـل» این پدیده‌ها از نتایج تکامل‌انـد، در حالی که در «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» خود باعث تکامل‌اند.

«زیست‌شناسـان تکوینی تکاملـی»[20] دیدگاه‌های ارزشمندی دربارهٔ علل سازگاری و ظاهر شدن صفات جدید ارائه می‌کننـد. برخی از یافته‌های تجربی آن به‌راحتـی با «نظریهٔ اسـتاندارد تکامـل» هم‌خوانی ندارند. به‌طور خاص، می‌توان به مشاهداتی اشاره کرد که نشان می‌دهند بیشتر تفاوت‌های فردی تصادفی نیستند، چون تولید شکل‌های خاصی در روند تکوین معمول‌تر از بقیهٔ اشـکال اسـت. برای نمونه، در یک گـروه از صدپایان، تعداد بندهای بدن یکی از حدود هزار گونه، عددی فرد اسـت. علت این امر مکانیسم خاص تکوین بندهای بدن است [۳].

بـه نظـر مـا، بـدون در نظـر گرفتـن ایـن «اثر تکوین»،نمی‌تـوان چگونگـی سـازگاری موجودات زنـده با محیط و علت تنوع هـزاران گونه را توصیف کرد. برای نمونه، ماهی سـیکلید[21] دریاچهٔ مالاوی[22] خویشاوند نزدیک‌تری با دیگر ماهی‌های سیکلید این دریاچه دارد تا ماهی‌های سیکلید دریاچهٔ تانگانیکا[23]. هـر دوگونه در هـر دو دریاچه شـباهت بدنی قابل توجهی دارند [٤]. در هر دو دریاچه، بعضی از ماهی‌ها لب‌های بزرگ گوشتی، بعضی پیشانی‌های برجسته و بعضی دیگر آرواره‌های پایینی کوتاه و محکم دارند.

«نظریهٔ استاندارد تکامل» این شباهت‌ها را در قالب تکامل هم‌گرا توضیح می‌دهد: محیط‌های مشـابه از میان تنوع ژنتیک موجود در جمعیت، اشکال نهایی یکسـانی را به‌طور تصادفی انتخاب می‌کنند. چنین نگرشی پیدایش چندین شکل مشابه به‌طور مستقل در هـر دریاچـه را رویدادهای مشـابه و خارق‌العاده می‌داند. یک فرضیهٔ خلاصه‌تر این است که اثر تکوین و انتخاب طبیعی با هم کار می‌کنند [٤ و ٥]. در این فرضیه انتخاب طبیعی به‌جای عبور آزادانه از امکانات فیزیکی مختلف، تنها چند مسیر ممکن را در پیش رو دارد که توسط مکانیسم‌های تکوینی ایجاد می‌شوند [٥ و ٦].

نوع دیگری از اثر تکوین هنگامی رخ می‌دهد که افراد با تغییر شـکل بدن خود، به محیط زیست واکنش نشـان می‌دهند. این پدیده «انعطاف‌پذیری» نامیده می‌شـود. برای نمونه، شـکل برگ گیاهان با تغییر میـزان آب و خصوصیات شـیمیایی خـاک تغییر می‌کند. «نظریهٔ استاندارد تکامل» این انعطاف‌پذیری را تغییـرات جزئی برای تنظیـم یا حتی آن را نوعی اختـلال می‌دانـد، در صورتی کـه «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» آن را به‌عنوان قدم‌های اولیه برای سازگاری با محیط جدید به‌حساب می‌آورد. نکتهٔ مهم این است که انعطاف‌پذیری نه‌تنها به موجودات زنده این امکان را می‌دهد که با شرایط محیطی جدید وفق پیدا کنند، بلکه سـبب می‌شود صفاتی تولید کنند که شایستهٔ آن محیط اسـت. اگر انتخاب طبیعی تفاوت‌هایی را کـه به تغییرات محیط بهتر پاسـخ می‌دهند، حفظ کند، آن‌گاه سـازگاری به میزان زیاد از طریق تجمع

به نظر ما نگرشِ «ژن‌محور» نمی‌تواند طیف کامل همهٔ فرایندهایی که تکامل را به‌پیش می‌برند، در بربگیرد. به‌نظر ما، بدون در نظر گرفتن این «اثر تکوین»، نمی‌توان چگونگی سازگاری موجودات زنده با محیط و علت تنوع هزاران گونه را توصیف کرد

تفاوت‌های ژنتیک، که آن صفت را پس از بروز تثبیت می‌کننـد، روی می‌دهد [۵ و ۶]؛ به عبارت دیگر، در اغلب مـوارد ابتدا صفت بروز می‌کند و سـپس، گاه حتی چند نسل بعد، ژن‌هایی که توارث آن را تثبیت می‌کنند در دنبال خواهند آمد [۵].

بررسـی‌هایی که روی ماهی‌ها، پرندگان، دوزیستان و حشـرات انجام شـده است، نشـان می‌دهند که سـازگاری‌هایی که در ابتدا توسط محیط زیست القا می‌شـوند، ممکن اسـت به اشغال‌شدن محیط‌های جدید سرعت بخشـند و گونه‌زایی را تسهیل کنند. برخـی از نمونه‌هـای این فرایند که کامل بررسـی شده‌اند، ماهی سه‌خاره[۲۴] و ماهی چارِ قطب شمال[۲۵] هسـتند. تفـاوت در رژیم غذایی و شـرایط زندگی ماهی‌هایی کـه در اعماق یا در سـطح آب‌های آزاد زندگی می‌کنند، شـکل‌های بدن آن‌هـا را متفاوت کرده اسـت. این تفاوت‌های آناتومیک باعث جدایی تولیدمثلـی و در نتیجه گونه‌زایی می‌شـوند. تعداد گونه‌های موجود در یک دودمان فقط بستگی به این ندارد که چگونه تفاوت‌های تصادفی ژنتیک از غربال محیط‌های مختلف رد می‌شوند. ویژگی‌های تکوینی هم کـه در تعیین درجهٔ تکامل‌پذیـری آن دودمان شرکت می‌کنند، از عوامل تعیین‌کننده هستند.

«نظریهٔ اسـتاندارد تکامل» در اصل محیط را «عامل پس‌زمینـه» در نظـر می‌گیـرد که ممکن اسـت انتخاب را شـروع کند یا تحت تأثیـر قرار دهد، ولی آن را جـزء فرایند تکامل به‌حسـاب نمـی‌آورد. این نظریه تفاوتی بین چگونگی سـازگاری موریانه‌ها با لانه‌هایی که خودشـان می‌سـازند و مثلاً چگونگی سـازگاری موجودات با پدیده‌هایـی مثل فوران‌های آتش‌فشانی قائل نمی‌شود. در نگاه ما این موارد کاملاً متفاوت‌اند[۷].

فوران‌های آتش‌فشـانی رویدادهای منحصربه‌فردی هسـتند که مسـتقل از اعمال موجودات زنده عمل می‌کننـد. در مقابل، موریانه‌ها خانه‌هـای خود را با شیوه‌های تکراری و جهت‌دار می‌سازند. این شیوه در گذر زمان انتخاب شـده است و شایستگی موریانه‌ها در آینده از شکل لانه‌ها تأثیر می‌پذیرد. پستانداران، پرندگان و حشرات نیز از لانه‌های خود دفاع می‌کنند، آن‌ها را نگه‌داری و بهسازی می‌کنند. این واکنش‌های سازگارانه به رفتار لانه‌سازی بارها تکامل یافته‌اند [۷]. این فرایند «کنام‌سازی»، مثل اثر تکوین، اثرگذاری موجود زنده را بر مسیر تکاملی خویش نشان می‌دهد؛ اثری که از طریق تغییر محیط باعث تغییر در نتیجهٔ انتخاب طبیعی می‌شود.

اگر چه تغییرات ژنتیک برای سازگاری لازم‌اند، فرایندهای غیرژنتیک‌نیز گاه می‌توانند در چگونگی تکامل موجودات زنده نقش داشته باشند

توارث فراتر از ژن‌ها

«نظریـهٔ اسـتاندارد تکامل» مکانیسـم‌های توارثی غیرژنـی را به‌عنوان موارد خـاص در نظر می‌گیرد؛ یک مثال بارز توارث فرهنگ در جامعه انسانی است. ولی «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» بخشی از شباهت‌های والدین و فرزندان را به‌روشـنی به بازسـازی محیط زیستِ در حال توسعه برای فرزندان نسبت می‌دهد.

«تـوارث غیرژنی» شـامل انتقال علائـم اپی‌ژنتیک (تغییرات شیمیایی که بیان مولکول DNA را تغییر می‌دهند، ولـی درعین‌حال توالـی ژنتیک را حفظ می‌کنند) اسـت که باروری، طول عمر و مقاومت به بیماری‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۸].

علاوه بر آن، توارث غیر ژنی شامل رفتار قابلِ انتقالِ اجتماعیِ جانوران، مثل شکسـتن دانه‌های خوراکی توسـط شـامپانزه‌ها یا روش‌های مهاجرتی ماهیانِ آبسنگ‌هاست [۸ و ۹].

به‌جا گذاشـتن سـاختارها و محیط‌های تغییریافته برای فرزندان هم نوعی دیگر از توارث غیر ژنی است. برای نمونه، شنگ (سگ آبی یا بیدستر) سدهای آبی می‌سـازد و کرم خاکی با فعالیت خود خاک را تغییر می‌دهد [۷ و ۱۰].

دانشـمندان در دهه‌های گذشـته انواع بسـیاری از این نوع توارث را در میان بسـیاری از انواع جانداران شناسایی کرده‌اند که به علت گستردگی باید آن‌ها را در نظریهٔ عمومی تکامل در نظر گرفت.

مدل‌های ریاضی پویایـی تکاملی که توارث غیرژنی را در محاسـبات خود وارد می‌کنند، نتایج متفاوتی نسبت به مدل‌های دیگر پیش‌بینی می‌کنند [۷ و ۹]. مدل‌هایی که توارث غیرژنی را شـامل می‌شوند، به توضیح طیف گسـترده‌ای از پدیده‌های گیج‌کننده، مانند اشـغال کردن سـریع شـمال امریکا توسـط سـهرهٔ خانگی، پتانسـیل سازشـی بـالای گیاهان مهاجم علی‌رغم تنوع ژنتیک کم و چگونگی جدایی تولیدمثلی کمک می‌کنند.

این نحوهٔ توارث حتی ممکن است منجر به الگوهای تکاملی کلان بشود. برای نمونه، شواهد نشان می‌دهند که اسفنج‌ها اکسیژن را وارد آب اقیانوس‌ها کرده‌اند و با این کار برای سایر موجودات زنده فرصت زندگی در بستر اقیانوس را ایجاد کرده‌اند [۱۰].

داده‌های فسیلی نشان می‌دهند که تغییرات موروثی محیط زیست بارها تکامل گونه‌ها و اکوسیستم‌های جدید را، حتی گاه بعد از گذر میلیون‌ها سال، تسهیل کرده‌اند [۱۰].

با هم قوی‌تریم

پایه‌هـای مباحثی که مطرح کردیـم در زمینه‌های مختلفی اسـتوارند، ولی با همدیگر تصویری کامل و غافلگیرکننده می‌سازند و نشان می‌دهند که تفاوت‌ها تصادفی نیسـتند، توارث از طریـق ابزارهایی غیر از ژن‌ها هم اتفاق می‌افتد و سازگاری جانداران با محیط زیسـت از راه‌های مختلفی روی می‌دهد. بیان نقش مسـتقیم تکویـن در چرایی و چگونگی سـازگاری و گونه‌زایـی و همچنین تأثیـر آن بر نرخ و الگوهای تغییرات تکاملی، یکـی از نکات مهم مباحث مطرح شده است.

«نظریهٔ اسـتاندارد تکامل» این پدیده‌ها را به‌گونه‌ای استوار، اما ناقص توضیح می‌دهد. برای نمونه، عموماً اثـر تکوینی را به‌صـورت محدودیت‌هایی بر حاصل انتخاب طبیعی، یعنی موانعی که باعث عدم سازگاری می‌شوند، در نظر می‌گیرد. «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» به‌عکس، فرایندهای تکوینی را اجزائی خلاق در نظر می‌گیرد که خصوصیت و اشکال ایجاد شده را محدود می‌کنند و موجـودات خصوصیات خود را این‌چنین به‌دست می‌آورند.

پژوهشـگران علوم مختلف از فیزیولوژی و اکولوژی گرفته تا انسان‌شناسـی به فرضیـات محدودکنندهٔ «نظریهٔ اسـتاندارد تکامـل» معترض‌اند، درحالی‌که نمی‌دانند پژوهشگران زمینه‌های دیگر نیز همان‌گونه می‌اندیشند. ما باور داریم که تکثر دیدگاه‌ها در علم باعث مطرح‌شـدن فرضیه‌های جانشینی و تحریک کارهای تجربی می‌شـود. «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» از مرحلـهٔ جنبـش اعتراضـی عبور کـرده و اکنون چهارچوبی قابل اعتماد و الهام‌بخش برای کارهای نو اسـت؛ چهارچوبی که موفق شده است پژوهشگران بسیاری از حیطه‌های مختلف را زیر یک سقف نظری گرد هم بیاورد تا یک تغییر مفهومی در زیست‌شناسی تکاملی ایجاد کنند.

پژوهشگران علوم‌مختلف از فیزیولوژی و اکولوژی گرفته تاانسان‌شناسی به‌فرضیات محدودکنندهٔ «نظریهٔ‌استاندارد تکامل» معترض‌اند

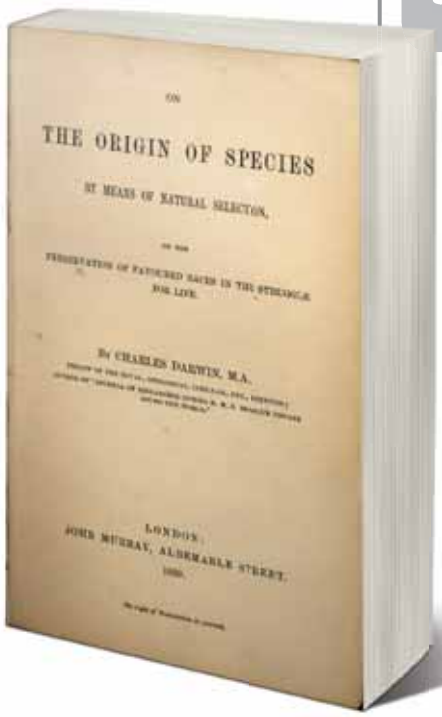
۲

گروه مخالف بازاندیشی

گریگوری واری[۹] استاد زیست‌شناسی دانشگاه دوک واقع در دورهام، کالیفرنیای شـمالی، ایالات متحده، هوپی هوکسـترا[۱۰] اسـتاد مک‌کی زیست‌شناسـی دانشگاه هاروارد، کمبریج، ماساچوست ایالات متحده و همـکاران: داگلاس فوتویما[۱۱]، ریچارد لنسـکی[۱۲]، ترودی مک‌کی[۱۳]، دولف شلوتر[۱۴] و جوان ستراسمن[۱۵].
رایانامه‌ها:
hoekstra@oeb.harvard.edu. و gwray@duke.edu

گروه مخالف بازاندیشـی: نـه! همین‌طور خوب است! این نظریه به‌خودی خود جای کافی برای همهٔ مستندات دارد. چارلز داروین در اکتبر ۱۸۸۱، درست شش ماه قبل از مرگ، آخرین کتاب خود تحت عنوان «تشکیل خاک سطحی از طریق فعالیت کرم‌ها»[۲۶] را منتشر کرد[۱۱]. این کتاب با سرعت به فروش رفت، چون داروین به خاطر کتاب‌های دیگرش نویسنده‌ای مشـهور بود. او سراسـر کتاب را به کرم خاکی، این موجودات پَسـت و حقیر اختصـاص داده بود، چون نمونه‌هایی هستند از فرایندهای بازخوردی و جالب. کرم‌های خاکی سازگاری یافته‌اند تا در محیطی که خود آن را تغییر می‌دهند، رشد و زندگی کنند.
داروین در گفت‌وگو با باغبانان و انجام چند آزمایش ساده اطلاعات فراوانی دربارهٔ این نوع کرم جمع‌آوری

کرده بود. او استعداد درخشانی در پروراندن افکار نافذ دربارهٔ فرایندهای تکاملی داشت، سال‌هایی از عمرش را صرفِ مشاهده و آزمایش می‌کرد و اندیشه‌های خود در زمینه‌های مختلفی مثل کشاورزی، زمین‌شناسی، جنین‌شناسی و رفتارشناسی را با هم ترکیب می‌کرد.
زیست‌شناسـی تکاملی تاکنون در تأکید بر شواهد و ترکیـب اطلاعـات از زمینه‌هـای مختلف علمی از داروین پیروی کرده اسـت. در سـال‌های ۱۹۲۰ تغییراتی عمیق در تفکر تکاملی آغاز شد. در آن زمان تعداد انگشت‌شـماری از آماردانان و ژنتیک‌شناسان



نظریهٔ ترکیبی جدید مفهوم داروینی انتخاب طبیعی را با علم نوپای ژنتیک و تا حد کمتری، با دیرین‌شناسی وسیستماتیک پیوند زد

بی‌سروصدا گذاشتن پایه‌های تحولی چشمگیر در اندیشه‌های تکاملی را آغاز کردند. کار ایشان بین سال‌های ۱۹۳۶ و ۱۹۴۷ در ایجاد «نظریهٔ ترکیبی نوین» به اوج رسید. این نظریه مفهوم داروینی انتخاب طبیعی را با علم نوپای ژنتیک و تا حد کمتری، با دیرین‌شناسی و سیستماتیک پیوند زد و مهم‌تر از آن، زمینه‌ای نظری برای درکِ کمّی و دقیق از سازگاری و گونه‌زایی، که از اساسی‌ترین فرایندهای تکاملی هستند، پایه‌گذاری کرد. از آن زمان تاکنون، نسل‌های پی‌درپی زیست‌شناسان تکاملی به‌روش‌های بی‌شماری چهارچوب «نظریهٔ ترکیبی نوین» را تغییر داده‌اند، تصحیح کرده‌اند و گسترش داده‌اند. آنان نیز مانند داروین، از زمینه‌های دیگر علمی بهره برده‌اند. وقتی‌که زیست‌شناسان مولکولی DNA را به‌عنوان مادهٔ اصلی وراثت و تفاوت‌های بین جانداران شناسایی کردند، اکتشاف آن‌ها باعث تکامل بنیادی نظریهٔ تکامل شد. برای نمونه، مشاهدهٔ بی‌تأثیر بودن بسیاری از تغییرات ژنتیک در شایستگی و بقای موجود زنده، به پیشرفت‌های نظری عمده در ژنتیک جمعیت منجر شد. کشف DNA «خودخواه» باعث انتقال بحث‌های مربوط به انتخاب از صفات به ژن‌ها شد. نمونهٔ دیگر، «نظریه انتخاب خویشاوند» است که توضیح می‌دهد چگونه صفات مؤثر بر خویشاوندان و بستگان انتخاب می‌شوند [۱۲].

با وجود این، برخی زیست‌شناسان تکاملی (نگاه کنید به بخش «بله، فوراً» در همین مقاله) استدلال می‌کنند که این نظریه از آن زمان حول محورِ مفاهیم ژنتیک شکل گرفته است. آنان مخصوصاً ادعا می‌کنند که این چهار پدیده، فرایندهای تکاملی مهمی هستند: انعطاف‌پذیری فنوتیپی، کنام‌سازی، توارث غیر ژنی و اثرِ تکوین. ما با آن‌ها در اهمیت این چهار مورد کاملاً هم‌عقیده‌ایم. ما خودمان آن‌ها را در دست مطالعه داریم؛ اما فکر نمی‌کنیم که این فرایندها سزاوار چنین توجه ویژه‌ای باشند که با یک نام جدید، مانند «نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» مشخص شوند. این موارد در حال حاضر در نظریهٔ فعلی تکامل لحاظ شده‌اند، زیرا:

واژه‌های نوین، مفاهیم کهنه

«نظریهٔ ترکیبی تکمیلی» که از سوی لالند و همکاران پشتیبانی می‌شود، در حال حاضر به‌خوبی به زیست‌شناسی تکاملی وارد شده و دیدگاه‌های مفید و نوینی در آن ایجاد کرده است. در واقع، همهٔ این مفاهیم به خود داروین برمی‌گردند، مانند تحلیل داروین از مکانیسم‌های بازخوردی سازگاری کرم‌های خاکی با محیط خاک. امروز چنین روندی را **کنام‌سازی** می‌نامیم، اما نام جدید به این معنا نیست که زیست‌شناسان تکاملی از بازخورد بین موجودات زنده و محیط از یک قرن پیش تاکنون غفلت کرده‌اند [۱۳]. سازگاری‌های خارق‌العاده‌ای مثل تپه‌های موریانه‌ها، سدهای شنگ (سگ‌آبی) و سازه‌های پرندهٔ سایه‌سارساز (پرندهٔ آلاچیق‌ساز) سال‌ها از موضوع‌های مورد مطالعهٔ تکامل‌پژوهان بوده‌اند. مثال‌هایی که در مقیاس میکروسکوپی یا مولکولی اتفاق می‌افتند نیز به همان اندازه حیرت‌انگیزند، مانند ویروس‌ها که سلول‌های میزبان را برای تولیدمثل به اختیار تام خود درمی‌آورند یا باکتری‌ها که مکانیسم‌هایی برای سنجش تراکم جمعیت خود و پاسخ مناسب با تراکم دارند. یکی دیگر از این فرایندها، انعطاف‌پذیری فنوتیپی، به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای مورد توجه زیست‌شناسان تکاملی بوده است. موارد بی‌شماری از دخالت محیط زیست در تنوع صفات مشاهده شده است، از آرواره‌های ماهی سیکلید که با تغییر مواد غذایی تغییر شکل می‌دهند تا حشرات برگ‌شکل که اگر در فصل خشک به دنیا آیند، قهوه‌ای‌رنگ، اما اگر در فصل مرطوب متولد شوند، سبزرنگ می‌شوند. پیشرفت‌های فناوری دههٔ گذشته میزانی باورنکردنی از انعطاف‌پذیری در بیان ژن در پاسخ به شرایط متنوع محیط زیست را نشان داده و منجر به درک اساس مادی آن شده است. این پدیده به‌طور مفصل در کتابِ مری جین وست-ابرهارد[۲۷] رفتارشناس [۵]

شرح داده شده است. این کتاب به توضیح چگونگی تقدم انعطاف‌پذیری بر تغییرات ژنتیک در طول سازگاری می‌پردازد. بنابراین، هیچ یک از پدیده‌های مورد بحث لالند و همکاران در زیست‌شناسی تکاملی مورد غفلت قرار نگرفته‌اند. افکار آنان نیز مانند همهٔ اندیشه‌های دیگر نیازمند اثبات ارزش در بازار نظریه‌های منسجم، نتایج تجربی و بحث‌های انتقادی است. برجستگی این چهار پدیده در جریانِ مباحثِ تکاملیِ معاصر نشان‌دهندهٔ قدرت توضیحی اثبات شدهٔ ایشان است، نه عدم توجه به آن‌ها.

توسعهٔ جدید

به‌علاوه، فرایندهای مورد علاقهٔ لالند و همکاران، تنها چهار مورد از فرایندهای بسیاری هستند که وعدهٔ پیشرفت زیست‌شناسی تکاملی را در آینده می‌دهند. بسیاری از زیست‌شناسان تکاملی فهرستی از موضوع‌هایی دارند که می‌خواهند بیشتر مورد توجه قرار دهند. برخی می‌گویند که اپیستازی، یعنی برهم‌کنش پیچیدهٔ ژن‌ها، مدت‌هاست که مورد غفلت قرار گرفته است. برخی دیگر از تنوع نهان ژنتیک (جهش‌هایی که فقط در صورت قرارگرفتن در محیط خاص و یا در ترکیب با ژن‌های خاص بر صفات ژنتیک اثر می‌گذارند) دفاع می‌کنند. گروهی دیگر نیز بر اهمیت انقراض یا سازگاری با تغییرات آب و هوایی و یا تکامل رفتار تأکید دارند. این‌ها فقط مثال‌هایی از موضوع‌های مورد توجه تکامل‌پژوهان‌اند، در حالی که این فهرست ادامه دارد. می‌توانیم همین‌جا توقف کنیم و ببینیم که آیا این مسائل به حد کافی مورد توجه واقع شده‌اند یا نه. یا می‌توانیم آستین‌ها را بالا بزنیم و تا زمانی که با آزمایش‌های تجربی به اساس نظری مستحکم و درک صحیحی نرسیده‌ایم، کار کنیم. باید متوجه باشیم که دفاع کردن از یک نظریه به‌تنهایی کافی نیست!

چیزی که لالند و همکاران «نظریهٔ استاندارد تکامل» می‌نامند، کاریکاتوری است که دانش تکامل را ایستا و یک‌پارچه ترسیم می‌کند. آنان تکامل‌پژوهان امروزی را افرادی می‌دانند که تمایلی به افکار چالش‌برانگیز نشان نمی‌دهند. ما دنیایی بسیار متفاوت می‌بینیم؛ خود را خوش‌شانس می‌دانیم که در هیجان‌انگیزترین، جامع‌ترین و مترقی‌ترین دوره‌های پژوهش‌های تکاملی بعد از «نظریهٔ ترکیبی نوین» زندگی و کار می‌کنیم. نظریه تکامل فعلی به دور از تحجر، خلاقانه و با سرعت در حال رشد است. تکامل‌پژوهان امروزی از زمینه‌های مختلفی مثل ژنتیک، پزشکی، محیط زیست، هوش مصنوعی و رباتیک الهام می‌گیرند. ما فکر می‌کنیم اگر داروین امروز زنده بود ما را تأیید می‌کرد.

ژن‌ها نقش محوری دارند

در نهایت، دست‌کم گرفتن آنچه لالند و همکاران به‌عنوان «تفکر ژن‌محور» مورد تمسخر قرار می‌دهند، منجر به نادیده گرفتن یک جزء از نظریهٔ تکامل می‌شود؛ جزئی که بالاترین قدرت پیش‌بینی را دارد و داده‌های تجربی آن را تأیید می‌کنند. تغییرات مادهٔ وراثتی برای سازگاری و گونه‌زایی ضروری است. پایهٔ ژنتیکی دقیق برای سازگاری‌های بی‌شماری با جزئیات ثبت شده است، از مقاومت باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها تا استتارِ موش‌های گوزنی و تحمل لاکتوز در انسان. اگرچه تغییرات ژنتیک برای سازگاری لازم‌اند، فرایندهای غیرژنتیک نیز گاه می‌توانند در چگونگی تکامل موجودات زنده نقش داشته باشند. لالند و همکاران درست می‌گویند که انعطاف‌پذیری فنوتیپی ممکن است به سازگاری‌پذیری فرد کمک کند. گیاه جوان ممکن است به سمتی که نور بیشتر دارد، خم شود و در نهایت بعد از رشد کامل به درختی با شکلی متفاوت نسبت به خواهران و برادران خود درآید. پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که این نوع انعطاف‌پذیری سودمند است و در صورتی که تنوع ژنتیک در پاسخ وجود داشته باشد، به‌آسانی می‌تواند تکامل پیدا کند [۱۴]. این نقشِ انعطاف‌پذیری در تغییرات تکاملی به‌خوبی اثبات شده است تا آنجا که نیاز به حمایت ویژه توسط برخی دانشمندان ندارد.

آیا انعطاف‌پذیری می‌تواند در طی سازگاری به تنوع ژنتیک «جهت دهد»؟ پاسخ روشن نیست. بیش از نیم قرن پیش، کنراد و ادینگتون زیست‌شناس تکوینی فرایندی را توصیف کرد و آن را «یکپارچه‌سازی ژنتیک» نامید [۱۵]. مطابق با این فرایند، گاه یک جهش جدید می‌تواند تحت تأثیر محیط یک صفت انعطاف‌پذیر را به صفتی تبدیل کند که حتی اگر آن پیش‌شرط محیطی خاص وجود نداشته باشد، به شکلی که در محیط دارای آن شرایط بروز می‌کند، ظاهر شود. باید توجه کرد که تنها چند مورد محدود از این‌گونه جهش‌ها در طبیعت مستند شده‌اند. بدون آزمایش و مطالعات بیشتر نمی‌توان به این سؤال پاسخ داد که آیا تعداد اندک مستندات به علت نادر بودن این نوع جهش‌هاست، یا صرفاً ناشی از کم‌توجهی به این گونه مطالعات است. نبودِ شواهد، ارزیابی نقش

کشف DNA «خودخواه» باعث انتقال بحث‌های مربوط به انتخاب از صفات به ژن‌ها شد

پیشرفت‌های فناوری دههٔ گذشته میزانی باورنکردنی از انعطاف‌پذیری در بیان ژن در پاسخ به شرایط متنوع محیط زیست را نشان داده و منجر به درک اساس مادی آن شده است

«اثـر تکوینی» را در وجود (یـا عدم) تکامل صفات سـازگاری‌پذیر دشـوار می‌کند. فرایندهای تکوینی قطعاً می‌توانند محدودهٔ صفاتی را که انتخاب طبیعی می‌تواند روی آن‌ها اثر بگذارد، محدود کنند. محدوده این اثر وابسـته به خصوصیات ژنوم آن جاندار یا آن گروهی از جانداران که ژنوم با خصوصیات مشابه دارند، است. ولی آنچه اهمیت دارد، تفاوت‌های وراثتی است، مخصوصاً آن‌ها که باعث افزایش شایسـتگی موجود می‌شـوند. برای نقش تغییرات وراثتـی اپی‌ژنتیک (توارث غیر ژنی) در سـازگاری شـواهد کمی وجود دارد: ما هیچ موردی نمی‌شناسیم که طی آن صفتی جدید بر پایهٔ اپی‌ژنتیک و مستقل از توالی ژن‌ها ایجاد شده باشد. مسلماً تحقیقات بیشـتر برای اثبات این دو لازم است. هر چهار پدیده‌ای که لالند و همکاران تبلیغ می‌کنند، اضافاتی هستند بر فرایندهای پایه‌ای که تغییرات تکاملی را ایجاد می‌کنند: انتخاب طبیعی، رانـش، جهش، نوترکیبی و شـارش ژن‌ها. هیچ‌کدام از ایـن اضافات بـرای تکامل ضروری نیسـتند، ولی می‌توانند این فرایند را در شرایط خاص تغییر دهند. به همین دلیل این فرایندها سزاوار مطالعه شدن هستند. مـا از لالند و همکاران درخواسـت می‌کنیم به‌جای اینکـه اختلافاتی را متصور شـوند که وجود خارجی ندارند، در اقدامی اعتلاجویانه به ما بپیوندند. ما برای افکار ایشان ارزش قائلیم، زیرا فکر می‌کنیم این افکار بخش مهمی از آیندهٔ نظریهٔ تکامل هستند. ما هم مثل ایشان در پی اعتلای تکمیل «نظریهٔ ترکیبی نوین» هسـتیم، اما واژه‌ها برای ما اهمیـت ندارند، زیرا این مفاهیم از ابتدا در این شـاخه حضور داشته‌اند [۱۶]. بهترین راه بـرای بالا بـردن ارزش فرایندهایی مثل انعطاف‌پذیری فنوتیپی، توارث غیرژنی، کنام‌سازی و اثر تکوینی (و بسـیاری دیگر) تقویت شواهدی برای نشـان دادن اهمیت آن‌هاسـت. داروین قبل از اینکه ادعا کند که «کرم‌های خاکی نقشـی مهم‌تر از آنچه بسـیاری از مـردم می‌پندارند در تاریـخ جهان بازی کرده‌اند» [۱۱]، چهل سال به جمع‌آوری اطلاعات و آزمایش‌های تجربی مشـغول بود. تازه، فقط ترس از مرگ و پایان زندگی بود که او را وادار به انتشار نتایج تحقیقات خود کرد [۱۷].

انتخاب‌طبیعی، رانش، جهش، نوترکیبی و شارش ژن‌ها. هیچ‌کدام از این اضافات برای تکامل ضروری نیستند،ولی می‌توانند این فرایند را در شرایط خاص تغییر دهند

پی‌نوشت‌ها

1. Kevin Laland
2. Tobias Uller
3. Marc Feldman
4. Kim Sterelny
5. Gerd B. Müller
6. Armin Moczek
7. Eva Jablonka
8. John Odling-Smee
9. Gregory A. Wray
10. Hopi E. Hoekstra
11. Douglas J. Futuyma
12. Richard E. Lenski
13. Trudy F. C. Mackay
14. Dolph Schluter
15. Joan E. Strassmann
16. extended evolutionary synthesis
17. Myxoma
18. neutral theory
19. standard evolutionary theory
20. evo-devo
21. Cichlid
22. Malawi
23. Tanganyika
24. Stickleback
25. Arctic char
26. The Formation of Vegetable Mould, Through the Actions of Worms
27. Mary Jane West-Eberhard

منابع

1. Pigliucci, M. & Müller, G. B. Evolution: The Extended Synthesis (MIT Press, 2010).
2. Noble, D. et al. J. Physiol. 592, 2237–2244 (2014).
3. Arthur, W. Biased Embryos and Evolution (Cambridge Univ. Press, 2004).
4. Brakefield, P. M. Trends Ecol. Evol. 21, 362–368 (2006).
5. West-Eberhard, M. J. Developmental Plasticity and Evolution (Oxford Univ. Press, 2003).
6. Pfennig D. W. et al. Trends Ecol. Evol. 25, 459–467 (2010).
7. Odling-Smee, F. J., Laland, K. N. & Feldman, M. W. Niche Construction: The Neglected Process in Evolution (Princeton Univ. Press, 2003).
8. Jablonka, E. & Lamb, M. Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life (MIT Press, 2014).
9. Hoppitt, W. & Laland, K. N. Social Learning: An Introduction to Mechanisms, Methods, and Models (Princeton Univ. Press, 2013)
10. Erwin, D. H. & Valentine J. W. The Cambrian Explosion: The Construction of Animal Biodiversity (Roberts, 2013).
11. Darwin, C. The Formation of Vegetable Mould, Through the Actions of Worms (John Murray, 1881).
12. Alcock, J. The Triumph of Sociobiology (Oxford Univ. Press, 2001).
13. Bailey, N. W. Trends Ecol. Evol. 27, 561–569 (2012).
14. Wada, H. & Sewall, K. B. Integ. Comp. Biol. http://dx.doi.org/10.1093/icb/icu097 (2014).
15. Waddington, C. H. Nature 150, 563–565 (1942).
16. Callebaut, W. in Evolution: The Extended Synthesis (Pigliucci, M. & Müller, G. B. eds) 443–482 (MIT Press, 2010).
17. Browne, J. Charles Darwin: The Power of Place Vol. II 479 (Jonathan Cape, 2003).