TEL AVIV UNIVERSITY
אוניברסיטת תל אביב
جامعة تل أبيب

علوم حياتيّة
تستحقّ المعرفة

النشوء والارتقاء

عمرام إيشل
ترجمة د. سهير ريحاني بشارات

كلية علم الأحياء
جامعة تل ابيب

TEL AVIV אוניברסיטת
UNIVERSITY תל אביב
جامعة تل أبيب

علوم حياتيّة
تستحقّ المعرفة

النشوء والارتقاء

عمرام إيشل
ترجمة د. سهير ريحاني بشارات

كلية علم الأحياء
جامعة تل ابيب

"النشوء والارتقاء هو أحد أذكى الأشياء التي خلقها اللّه"
مئير شليف، "جينات بار"، ص 131

النشوء والارتقاء

كتابة: **بروفيسور عمرام أشل** قسم العلوم الإنسانيّة في جامعة تل أبيب
ترجمة د. سهير ريحاني بشارات
مدير مشروع **يستحقّ المعرفة**: بروفيسور أيلون سولن
تحرير لغوي: إياد معلوف
تركيز إداري: ميخال زوهر وجاليت هرتسبرغ
تصميم بياني وترتيب الصفحات: نيتسان-شمير معاتسّفيم
رسوم توضيحيّة: ميرال جولدنبيرغ
رسمة الغلاف: shutterstock
عنوان موقع **يستحقّ المعرفة**: goodtoknow.tau.ac.il
صوَر فوتوغرافيّة: ويكيبيديا

شكر
يتقدم المؤلف بالشكر للبروفسور دافيد وول من كلية علم الحيوان والبروفسور إيلون سولان من كلية علم الرياضيات في جامعة تل ابيب على ملاحظاتهم القيمة. وكذلك يتقدم بالشكر إلى د. عومر حورش من ثانوية "هريشونيم" في هرتسليا، على دعم المشروع، والطلاب أور كوهن، إيلا بن أرييه، الون أفيطال، جاي هيلر، يام كيدم، مايكي بار، حاييم وتومر سحايق من ثانوية "هريشونيم" في هرتسليا، لنمرود كليينبرج (من برنامج ألفا فوج د) ولأسّاف جال (من برنامج أيديا فوج أ)، طلاب جامعة تل ابيب للشبيبة، على قراءتهم للنسخة الأوّلية وتقديم اقتراحات للتحسين.

حقوق الملكيّة الفكرة، بما في ذلك حقوق التأليف والنشر والحقوق المعنويّة للمؤلّفين في هذه المادّة، محمية.

يُسمح باستخدام الكرّاسات، وتخزينها في قواعد البيانات وتوزيعها للاستخدام غير التجاري فقط. عند حفظها في قواعد البيانات، يجب تحديد ارتباط الكرّاسة بمشروع "يستحقّ المعرفة" بشكل صريح وإرفاق رابط إلى موقع المشروع على الإنترنت. الاستخدام لأي غرَض تجاري وإنشاء مواد مشتقة يُعتبر أمرًا محظورًا بدون الحصول على إذن خطي صريح من إدارة المشروع.

الفهرست

تنوع الكائنات الحية التي تعيش على سطح الكرة الارضية – كلّ واحد في البيئة المحيطة الملائمة ل ه 4

دلائل من المتحجرات: تغييرات بتنوع الكائنات 6

سلالات الكائنات الحية وخطوط تطورها 8

صفات موروثة وصفات مكتسبة غير موروث ة 11

أشكال جديدة تتشكل خلال عملية الانتخاب الطبيع ي 12

المعلومات حول الصفات الموروثة المخزونة في الجينو م 14

تغييرات في مبنى الجينوم المتعلقة بالتكاثر وبعمليات عشوائي ة 15

عملية الانتخاب الطبيعي– الأفضلية لمن ينجب أعدا د ا كبيرة من النسل البالغ 17

النشوء والارتقاء – نتيجة للتغيّرات في الجينوم، ضغط انتقاء متغيّر وانتقاء طبيع ي 19

عملية نشوء الأنواع والتصنيف المنهجي 20

انتقاء الصمود لمبيدات الاعشاب – دليل لعملية النشوء والارتقاء التي تحدُث أمام أعيننا 22

فكرة النشوء والارتقاء ومسألة أصل الانسان 23

تشارلز داروين والفرد راسل والاس – مَن صاغا نظريّة النشوء والارتقاء 25

تلخيص 27

للقراءة الإضافي ة 28

تنوع الكائنات الحية التي تعيش على سطح الكرة الارضية

- كلّ واحد في البيئة المحيطة الملائمة له

عندما نمعن النظر في الطبيعة من حولنا نشهد حشودًا من الكائنات الحية - نباتات وحيوانات - التي تختلف عن بعضها البعض. نحن نعرف أن هناك العديد من الكائنات الأخرى الخفيّة عن العين، مثل البكتيريا والفيروسات. هذه الغزارة في الكائنات تعبّر عن تنوع الكائنات في الطبيعة، حيث يتواجد في كل زاوية على سطح الكرة الارضية.

تختلف الآراء حول عدد الأنواع الحية اليوم، لكن جميع العلماء العاملين في هذا المجال متفقون على أن هناك ملايين الأنواع التي يختلف الواحد منها عن الآخر. تتبع صعوبة تحديد العدد الدقيق للأنواع لسبب بسيط: إننا غير متأكدين من أننا نعرف جميع الانواع، ففي كل سنة يتمّ اكتشاف أنواع جديدة، التي لم يتمّ وصفها في الماضي ولم تُمنح اسم. وهنالك تقديرات مختلفة تتعلق بعدد الأنواع التي لا نعرفها بعد.

عندما نتمعن في الطبيعة نستطيع أن نميّز أنّ كل كائن حي متواجد في بيئة محيطة حية هو ملائم لها. تنعكس الملائمة في كل صفات الكائن الحي: مبنى جسمه، ألوانه، تصرفاته، الطعام الذي يحتاجه لبقائه، طريقة تكاثره وصفات أخرى.

في هذا الكتيب سنتطرق للسؤال: **كيف نشأ هذا التنوع الهائل من الكائنات الحية على سطح الكرة الارضية؟**

في جميع الثقافات الإنسانية هناك قصة حول خلق العالم والطبيعة، وهذا دليل إلى مدى انشغال البشر في هذه المسألة منذ أن عرفوا الطبيعة من حولهم. بدأ هذا الانشغال مبكرًا مع تطوّر البشرية، حتى قبل تطوّر الزراعة، عندما جمع بنو البشر طعامهم واحتياجاتهم من الطبيعة. منذ ذلك الوقت ادركوا بالفعل التنوع الكبير للكائنات وعرفوا أن لكل نبتة وكل حيوان هناك صفات خاصة، مثلا: من بذور القمح والشعير يمكن أن نصنع الخبز ومن ثمار الزيتون يمكن استخلاص الزيت،

للخراف فروة سميكة ودافئة ومن خيوط الكتان من الممكن غزل الخيوط ونسج الأقمشة الخفيفة. بسبب الحاجة والرغبة في البقاء وتحسين ظروف المعيشة عرف بنو البشر الكائنات من حولهم وتعرّفوا على صفاتها، وأين ومتى يمكن إيجاد كل واحد منها؟ متى تنضج ثمارها (عندما نتحدث عن نبات)؟ وما هي الكائنات الحية التي تتغذى عليها أيضًا؟ ولاحقًا، عندما بدأ بنو البشر بالعمل في الزراعة عرفوا أيضًا الظروف المطلوبة لكل نبتة ولكل كائن حي، لكي يستطيعوا أن يستخلصوا منها الناتج المطلوب.

تمّ في التاريخ القديم تفسير مسألة تكون هذا التنوع الغني وعلاقته بالبيئة المحيطة بأنه : هكذا خُلق العالم، قوة عليا خلقت السموات والأرض. كل شعب، أطلق على القوة العليا اسمًا وفقا لإيمانه: اللّه حسب المعتقدات اليهودية، المسيحية والاسلامية، الإله آشور في بلاد ما بين النهرين، الإله المصري أطوم، أيرينوما إله اليونان القدماء، الإله الروماني يوبيطر، تيان حسب العقيدة الصينية، وهكذا- كل ثقافة والقوة العليا التي آمنت بها.

التفسير الذي بحسبه الكائنات الحية في الطبيعة هي جزء من عملية الخلق التي أنتجت بني البشر وكل العالَم من حولهم كان بسيطًا ومنطقيًا. بسبب أهمية المعتقد الديني في المجتمع الإنساني على مدى التاريخ، اعتُبر كل طعن بالخلق الإلهي بمثابة طعن بمبدأ الديانة. بعض الديانات رأت بالطعن بهذا المعتقد كُفر عقابه الموت. منع هذا التوجّه أي تغيير في مفهوم الخلق الإلهي على مدى مئات متعددة من السنوات. أيضًا في يومنا هذا، يُعتبر كل بحث حول قضية نشوء تنوع الحياة في نظر الكثيرين بمثابة طعن في مبادئ الديانة، على الرغم من أنه بالحقيقة ليس كذلك ويمكن الوصول إلى تفاهمات بين وجهات النظر المختلفة.

لو قبلنا بقصة الخلق كما هي، علينا أن نؤمن أنه دائمًا تواجدت على الكرة الارضية نفس الكائنات الحية التي نراها اليوم من حولنا. علينا أن نؤمن أيضًا أنّ كل كائن مخلوق قائم بحد ذاته، وليس بالضرورة هناك علاقة بين الكائنات المختلفة.

سوف نوضح في الفصول القادمة الحقائق التي أدت بالباحثين للتفكير أنّه من غير المعقول قبول قصة الخلق كما هي. سوف نشرح أيضًا لماذا أدّت هذه الحقائق إلى صياغة مبادئ علم النشوء والارتقاء المقبولة اليوم على العلماء على أنه التفسير الصحيح لظهور تنوع الحياة على سطح الكرة الارضية.

.

دلائل من المتحجرات: تغييرات بتنوع الكائنات

اكتشف باحثو الكرة الأرضية أن الكرة الارضية تكونت قبل أربعة ونصف مليار سنة وأنّ تضاريسها تغيرت خلال فترة وجودها. الجبال والوديان، القارات والبحار لم تظهر في الماضي البعيد كما تظهر اليوم. جبال ارتفعت، وديان شُقت، قارات تحركت من مكان الى آخر، محيطات غطت مناطق انسحبت منها القارات. وكل ذلك هو نتيجة للنشاط البركاني في أعماق الارض. في أيامنا هذه أيضًا نشهد تحركات على سطح الكرة الارضية، هزات أرضية وفي أعقابها انفجارات بركانية. واليوم هناك طرق فيزيائية وكيميائية تمكّننا من تحديد عُمر الصخور التي تكوّن الجبال في كل مكان. ومن الممكن أن تدل طبقات الصخور في كل جبل على يومياته وتاريخه، ومن الممكن حسبها تحديد متى وكيف تكوّن؟ وبواسطة فحوصات ميكروسكوبية تمّ الإثبات أنّ الصخور التي تُكوّن بعض الجبال في مناطق مختلفة من العالَم هي من نفس المواد الأولية الموجودة أيضًا في أعماق الكرة الارضية. هذه هي الصخور الأساس، المكونة من الماغما واللابة، التي ظهرت على السطح في أعقاب انفجارات بركانية.

في المقابل، وفي أماكن عديدة، وحتى في سلاسل جبال كبيرة نجد صخورًا تكونت من هياكل عظمية وأصداف لكائنات حية بحريّة صغيرة- هذه هي الصخور الجيرية. تكوّنت هذه الصخور على مدى زمن طويل في قعر البحار والمحيطات: هياكل كائنات حيّة ميكروسكوبية عاشت في المحيطات والبحار، رسبت وتجمعت تدريجيًا وببطء في قاع البحر. وبسبب ضغط المياه تحولت الطبقات السميكة لهياكل الكائنات في قعر البحار لصخور جيرية صلبة. القوى البركانية ذاتها التي ذكرناها سابقا هي التي رفعت هذه الصخور الجيرية الى الأعلى الى سطح اليابسة وأدت الى تكون الجبال التي تتواجد اليوم. تحوي صخور الجير بقايا من حيوانات ونباتات تصلبت وتحولت الى حجار وخلال العملية حُفظ مبناها - نسمّي هذه البقايا بالمتحجرات. تحولت أيضًا كائنات حية عاشت على اليابسة الى متحجرات، بعد موتها لم تتحلل لأسباب مختلفة وتصلبت كالحجر داخل صخور رسوبية. هذه المتحجرات هي الدليل لوجود كائنات عاشت على سطح الكرة الارضية في الماضي البعيد، ومنها نتعلم كيف كانت الحيوانات والنباتات قبل ملايين السنين.

صورة 1: متحجر لديناصور من نوع كوديباتريكس (Caudipteryx)، متحف العلوم الطبيعية في يوسطن.
مصدر: ويكيبيديا، استعمال حرّ.

صورة 2: متحجرات تُسمى سترومیتوليتس (stromatolites)، تكونت في مياه ضحلة من كائنات شبيهة بالبكتيريا التي كانت الكائنات الأولى التي حدثت في خلاياها عملية التركيب الضوئي. مصدر: ويكيميديا، استعمال حر. المصوّر Michael C. Rygel.

يُمكّن بحث المتحجرات في طبقات الصخور على أنواعها معرفة الكائنات التي عاشت في كل مكان وفي كل فترة، وتُشير النتائج أنّه ليس جميع الكائنات ظهرت على سطح الكرة الارضية في نفس الوقت. البقايا الأقدم هي كائنات شبيهة بالبكتيريا تعيش اليوم، حيث عاشت في بحر ضحل قبل حوالي أربعة مليارات سنة. ظهرت بشكل تدريجي كائنات أكثر تعقيدًا ومتطورة أكثر فاكثر. وُجدت أيضًا بقايا متحجراتكائنات كثيرة غير موجودة اليوم. يعرف الكثيرون قصة الديناصورات التي عاشت وانقرضت: لقد انتشرت على سطح الكرة الارضية قبل حوالي مائتين وخمسين مليون سنة وحتى قبل ستين مليون سنة، وكانت هي الكائنات المسيطرة في تلك الحقبة. تُشير الدلائل أيضًا إلى أنّ حيوانات أخرى ونباتات كثيرة عاشت في الماضي واليوم تبقّى منها بقايا متحجرات فقط.

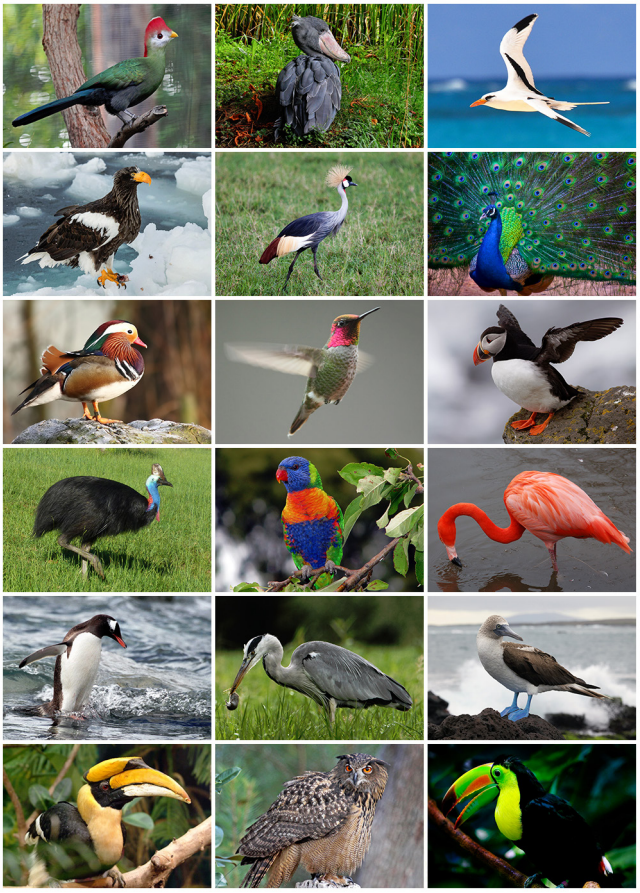
سُلالات الكائنات الحية وخطوط تطورها

نقوم بتصنيف الحيوانات التي نعرفها إلى مجموعات حسب المبنى الخارجي لجسمها: طيور، حشرات، أسماك، زواحف، ثدييّات، ومجموعات عديدة أخرى مختلفة وغريبة. فحص دقيق أكثر لمبنى الجسم، مبنى الهيكل العظمي وأجهزة الجسم الداخلية من الممكن أن يشير إلى قَرابة بين النماذج المختلفة داخل المجموعة، حيث نجد داخل كل مجموعة مجموعات فرعية: الطيور المغردة الصغيرة تختلف عن ذوات الأرجل الطويلة، المنقار المستقيم والطويل والجسم المنتصب يختلف عن الإوز والبط التي تسبح في مجمعات المياه، أو الجوارح ذوات المنقار المعقوف والمخالب في أرجلهم.

في مجموعة الحشرات نميّز بسهولة بين خنافس، ذباب، نحل، دبابير، نمل وغيرها. لدى الزواحف نميّز بين سحالي، أفاعي، سلاحف وشبيهاتها. في مجموعة الثدييات يمكننا أن نميّز بسهولة بأننا، بني البشر، نتشابه بمبنى جسمنا مع بعض القردة ونختلف عن الجرذان والفئران، الكلاب، القطط أو الخيول والحمير، والتي تعتبر مجموعات فرعية من الثدييات.

صورة 3: جزء من أنواع الخنافس.

مصدر: ويكيميديا، المصوّر: H. Zell، رخصة CC BY-SA 3.0.



صورة 4: أنواع طيور من مجموعات مختلفة. مصدر: ويكيبيديا، رخصة: CC-BY 3.0 و CC-BY 2.0. المصورون (من الأعلى إلى الأسفل، من اليسار إلى اليمين)

Dick Daniels، Fiorellino، kansasphoto، Michael Pinczolits، Matt Biddulph، Steven Bennett، Alan D. Wilson، Alan Vernon، Boaworm، Donald Hobern، Alfred Sin، Adrian Pingstone، Jerzy Strzelecki، Matthias Barby، Ndecam، J.J. Harrison، Dick Daniels، supernova.

هكذا أيضًا من الممكن التمييز بين مجموعات من النباتات حسب شكلها وبالأساس حسب شكل أزهارها. مثلًا، الحبوبيات ذات السبلات، شقائق النعمان ذات الأزهار مجوفة الشكل بالألوان الأحمر والأصفر، الورد الجوري يزهر بألوان مختلفة ويتمّ التعرُّف عليه بفضل شكل الأزهار المميّز له. كثير من النباتات أزهارها تشبه أزهار نبتة الميرمية، التي تبدو كأنابيب دقيقة زُيّنت فتحتها بشفتين، وهناك نباتات أخرى لا تظهر أزهارها تقريبا لأنها خضراء وصغيرة.

بمساعدة فحص مفصل لمبنى ومسار التطوّر والتكاثر لكل كائن حي يمكن تحديد علاقات القرابة بين الكائنات، من يشبه من ومن يختلف. حسب هذه الإشارات يصنف الباحثون الكائنات المختلفة إلى مجموعات. لأفراد المجموعة الواحدة هناك صفات مشابهة وممكن الافتراض أن هناك قرابة بينهم، لأنّ، كما نعلم، النسل يشبه والديه وأقرباء العائلة كثيرًا.

تحليل مفصل لمبنى المتحجرات مكّن الباحثون من تحديد زمن ظهور كل مجموعة من الكائنات على سطح الكرة الارضية، صياغة فرضيات حول علاقات القرابة بينهم وتشخيص أصل كل واحدة منهم. في البداية ظهرت البكتيريا، بعدها الطحالب والنباتات البسيطة، ومع مرور الوقت، وعلى مدى ملايين السنين، ظهرت نباتات متطوّرة ومعقدة أكثر وأكثر، حتى ظهرت النباتات المُزهرة التي نعرفها اليوم. هكذا أيضًا بالنسبة للحيوانات: في البداية ظهرت كائنات وحيدة الخلية تحركت في المياه وكانت شبيهة بالطحالب، عاشت في نفس الفترة، لكنها حصلت على غذائها عن طريق الأكل وليس عن طريق التركيب الضوئي مثل النباتات.

تطوّرت الحيوانات بشكل تدريجي من كائنات وحيدة الخلية إلى مجموعات خلايا، وبعد ذلك لذوات أجسام مقسمة لأقسام تحمل أجهزة، مثل: جهاز الهضم، جهاز الأعصاب، أعضاء الرؤية، أعضاء الحركة. مع مرور الزمن ظهرت حيوانات معقدة أكثر ومتطورة أكثر: كائنات مع قوقعة حمتها من الخارج، كائنات جسمها مغطى من الخارج بمادة تدعى "الكيتين" التي استُعملت كهيكل خارجي وفي النهاية كائنات ذات هيكل داخلي مكنها من الحركة بسرعة في الماء وبعد ذلك على اليابسة.

صورة 5: حيوانات ذات غلاف من الكيتين. من اليسار: سرطان (مصدر ، ويكيبيديا، استعمال حرّ، تصوير Harrison George)؛ من اليمين: بعوضة (مصدر، ويكيبيديا، رخصة CC BY-SA 3.0، مصوّر: Alvesgaspar).

بالرغم من مسار التطوّر المستمر، ما زالت تعيش من حولنا كائنات بسيطة تشبه الكائنات الحية القديمة جدًّا التي عاشت قبل زمن بعيد جدًّا: بكتيريا المتواجدة حولنا في كل مكان، طحالب تعيش في الماء، حيوانات ذات مبنى بسيط، مثل: الإسفنجيات والمرجان. ذكرنا سابقًا الديناصورات التي سيطرت على الكرة الارضية قبل مئات ملايين السنين– تعتبر السحالي اليوم من نسلهم ومن الممكن الطيور أيضًا.

كما يظهر إذًا، فإنّ دلائل بحث المتحجرات تشير إلى ظهور تدريجي للكائنات، ابتداء من المبنى البسيط، تليها المبنى الأكثر تعقيدًا، وحتى الأكثر تطورًا التي نعرفها اليوم في بيئتنا المحيطة. تواجد كائنات، في أيامنا، تشبه كائنات بسيطة عاشت في الماضي تجعل تشخيص الخطوط التي تُشير إلى هذا التطوّر التدريجي من البسيط إلى المتطور ممكنًا. ممكن تصنيف الكائنات الحية، مثل: النباتات والحيوانات، إلى مجموعات تُشير إلى تشابه وقرابة بينهم.

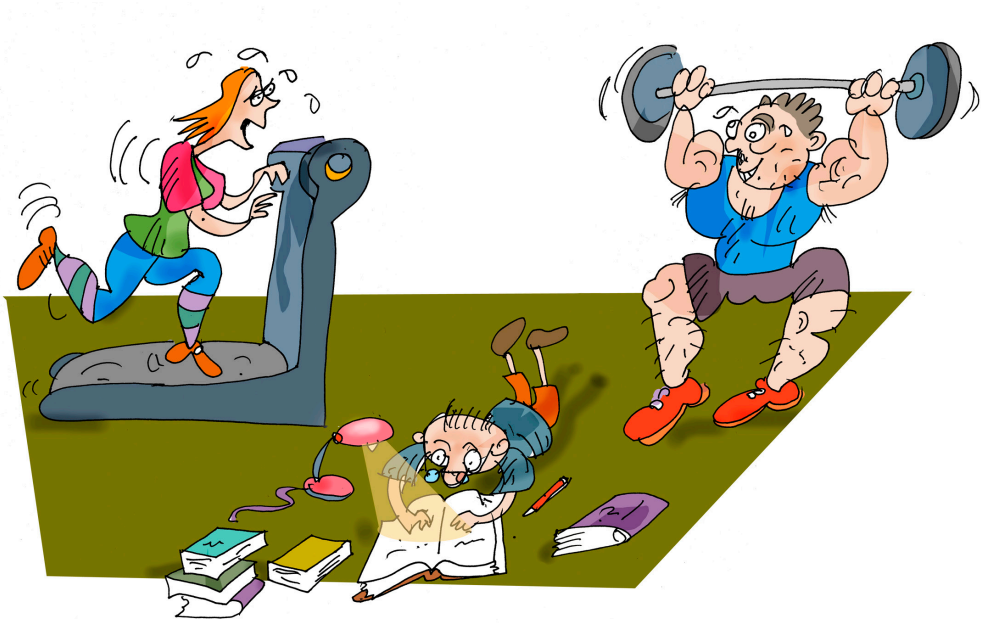
من هنا يمكن الاستنتاج أنّ الكائنات لم تُخلق مرّة واحدة إنما تطورت بالتدريج. فيما يلي نعرض النظرية التي تُفسر الآليات والقوى التي حركت عمليات التطوّر هذه.

لن نتطرق هنا إلى قضية ظهور الكائنات الحيّة الاولى على الكرة الأرضية: كيف ظهرت أشكال الحياة الاولى التي تطوّرت منها الكائنات الأكثر تطورًا؟ إنها قضية مثيرة للاهتمام ومعقدة بحد ذاتها، والإجابة عنها غير واضحة كفاية.

صفات تنتقل بالوراثة وصفات مكتسبة لا تنتقل بالوراثة

السؤال المطروح هو: كيف من الممكن أن تكون الكائنات المتطورة قد تطوّرت من كائنات أكثر بساطة. إننا نعرف أنّ كل زوج من الوالدين يُنجب نسلًا مشابهًا له. هكذا أيضًا عند الحيوانات والنباتات- النسل يشبه والديه. مع ذلك، التشابه بين الوالدين والنسل غير مطلق. في كل فرد تندمج صفات أُمه وأبيه، ولكنه ليس نسخة لأي واحد منهم. وأكثر من ذلك، فالفرد يتأثر بظروف حياته، مثلا: إذا كان يعمل في مجال الرياضة وفي عمل يحتاج إلى مجهود تكون عضلاته متطورة، أمّا إذا كان يعمل بعمل مكتبي ويقضي وقت الفراغ بمشاهدة التلفزيون- من المحتمل أن تكون قدرته الجسدية منخفضة. هكذا الأمر بين الحيوانات، مثلًا: هناك فرق بين حيوانات تعيش في حقل بور أو غابة، وبين تلك التي تعيش في حديقة حيوانات أو في مزرعة. وبين النباتات هناك اختلافات أيضًا: مثلًا، بين نباتات تعيش في الظل وبين تلك التي تعيش في الشمس، بين نباتات قريبة من مصدر ماء أو تلك التي تُروى بانتظام وبين تلك التي تُروى بماء المطر في فصل الشتاء.

إذًا، مُجمل صفات الكائن تنبع من مصدرين- الوراثة والظروف الحياتية: صفات ورثها من والديه (وراثة) وصفات طوّرها خلال حياته (ظروف حياتية). الصفات التي ورثها من والديه ينقلها إلى نسله. إذا كانت عينا باسل بنيتي اللون كما هو الحال عند أمه، فهناك احتمال كبير أن تكون عيون أبنائه بلون بني أيضًا. وإذا وُلدت سلوى بشعر أسود اللون، فهناك احتمال كبير أن يكون لبناتها شعر أسود اللون أيضًا، بالرغم من أنها تذهب كل شهر إلى صالون الشعر وتصبغ شعرها بالأشقر. كذلك الأمر لدى النباتات والحيوانات: كل كائن ينقل إلى نسله الصفات التي ورثها من والديه، لكنّ الصفات التي طوّرها خلال حياته نتيجة ظروف معيشته الخاصة لا تُنقل إلى نسله.



كائنات حية جديدة نتيجةً لعملية الانتخاب الطبيعي

على الرغم مما ذُكر، من الممكن أن يكون نسل كائن حي مختلف عنه بصفاته. لنتأمل، مثلًا، الكلاب التي نربيها كحيوانات أليفة. الكلاب هي من نسل ذئاب عاشت في الطبيعة، كلاب الراعي وكلاب الذئب تشبه بقدر كبير آبائها الذئاب. بالمقابل كلاب البولدوغ، البودل والبينتشر تختلف كثيرًا عن الذئاب البرية. كيف ظهرت أنواع الكلاب هذه؟ هذه الأنواع هي نتيجة الانتخاب الطبيعي والعناية من قبل الإنسان خلال آلاف لسنين. بين الكلاب التي وُلدت ظهرت من حين إلى آخر جراء تختلف قليلًا عن والديها، مثلًا: قياسات الجسم كانت أصغر. في الطبيعة لم تصمد هذه الكلاب، لأنّه لم يكن لديها القدرة على التنافس مع اخوتها الأكبر منها حجمًا. ولكن لأنّه تمّ الاعتناء بها من قبل الانسان صمدت- اعتنى بها أصحابها بشكل خاص واهتموا أن تستمر بالعيش. بعد ذلك قام أصحاب الكلاب بتهجين الكلب الصغير مع كلبة صغيرة ونتجت سلالة من الكلاب الصغيرة. أحيانًا أنجب هؤلاء الكلاب جراء أصغر، وأيضًا تمّ تهجينها مع بعضها البعض. الجراء التي وُلدت لهذه الكلاب كانت أصغر من والديها، وأصغر من أجدادها. والعملية مستمرة: في كل جيل وُلدت كلاب أصغر من تلك التي تزاوجت وأنجبتها حتى تطوّرت أنواع من الكلاب الصغيرة، مثل البينتشر والتشيواوا. وهكذا بواسطة الانتخاب الطبيعي والعناية نتجت أنواع جديدة من الكلاب: صغيرة، ذات شعر طويل، ذات شعر قصير وما شابه.

صورة 6: كلب ذئب قريب جينيًا من الذئب البري وشبيه له بصفاته. الذئاب البرية هي أباء كل الكلاب.

للاستعمال الحرّ. المصوّر Elżbieta Wojtko.

صورة 7: أنواع كلاب (من اليمين إلى اليسار ومن الأعلى إلى ا الأسفل) – تشيواوا، بيتشر، بولدوغ، سان برنارد. المصدر: pixabay، استعمال حرّ.

لم تحدث العملية بين الكلاب فقط ، إنما حدثت أيضًا بين الحيوانات البيتية وحيوانات المزارع التي تختلف بشكل كبير عن آبائها التي تعيش في الحياة البرية، في صفات انتقاها الإنسان حسب حاجته. اعتنى وطوّر بنو البشر خراف ذات صوف طويل وناعم، دجاج يضع البيض باستمرار وهكذا. عمليات مشابهة حدثت في النبات أيضًا، ومن بينها انتقى الانسان واعتنى بالنباتات التي تعطي المحصول الأكبر، الثمار ذي المذاق الأفضل والمغذية والأزهار ا الأجمل. كل الحيوانات والنباتات المدجنة تختلف بشكل تام عن آبائها، لا يمكن إيجادها في الطبيعة ولم تعش في الطبيعة أبدًا. نتجت عن عمليات انتقاء واعتناء متكررة لأفراد ذوي صفات مرغوب بها من بين كل النسل.

المعلومات حول الصفات التي تنتقل بالوراثة مخزونة في الجينوم

ادّعوا سابقًا أن الصفات التي يطورها كل فرد خلال حياته في أعقاب نشاط معيّن أو تلك التي يكتسبها بعد انكشافه لظروف حياتية خاصة، لا تنتقل بالوراثة إلى نسله. لذلك يُطرح السؤال: أي من الصفات بالفعل تنتقل بالوراثة وكيف تحدُث عملية النقل؟ بالإضافة إلى ذلك يُطرح السؤال الذي يتعلق بالتغييرات التي من الممكن أن تحدُث في الصفات عند الانتقال من جيل إلى آخر: ما هو التفسير لذلك أنّ النسل غير مطابق لأي من الوالدين؟ على هذه الاسئلة سوف نجيب في هذا الفصل.

صفات كل كائن حي تُحدّد حسب الجينات التي ورثها من والديه. نسمّي مُجمل الجينات باللغة اللاتينية وأيضًا بالعبرية والعربية جينوم . يُخزن الجينوم في نواة كل خلية حية داخل حوامض نوويةمنها الـ DNA الذي سمع الكثيرون بالطبع عنه. من الممكن تشبيه مبنى الحوامض النووية بكتاب مكوّن من أسطر عديدة من الأحرف التي تتجمع إلى مقاطع. المقاطع تكوّن الكلمات، والكلمات تكوّن الجُمل التي تتجمع إلى فقرات، والفقرات تكوّن الفصول التي تكوّن الكتاب بأكمله. كل من يعرف قراءة اللغة المكتوب بها الكتاب يستطيع فهم المكتوب به. وحقًا يستطيع العلماء في أيامنا قراءة مبنى الجينوم.

كل تغيير في أحرف الكتاب يؤدي إلى تغيير المعنى المكتوب. الحوامض النووية مبنيّة من جزيئات صغيرة الحجم نسبيًا تدعى القواعد. في أبجدية الحوامض النووية لا يوجد 28 حرفًا كما هو الحال في اللغة العربية، إنما أربعة قواعد فقط. كل تجميع لثلاثة قواعد هو بمثابة شيفرة لـ " مقطع" واحد في كتاب الجينوم. في عملية التعبير عن الجينوم، هذا المقطع يُترجم في الخلية إلى جزيء واحد من بين مجموعة حوامض أمينية تبني البروتينات (الزلاليّات) في الخلية. البروتينات هي مواد فعّالة في الخلية، وهي تُعبّر عن صفات الخلية والكائن كله.

في جسم كل كائن تتواجد نسختين من الـ DNA الخاصة به: نسخة مصدرها من أبيه والأخرى من امه. النسختان سوية تكوّن الجينوم كله. الأب والأم هما كائنان مختلفان، لذلك هناك فروق بين الجينوم لكل واحد منهما. لأحدهما تسلسل قواعد في الحوامض النووية تحدّد أن يكون للأبناء عيون زرقاء، وللأخرى تسلسل قواعد يحدّد لون عيون خضراء. لديها يوجد تسلسل قواعد يُحدّد أن تكون طويلة ولديه تسلسل قواعد يُحدّد أن يكون قصيرًا. لها شعر مجعد وله شعر أملس، هو حساس لمأكولات تحتوي على جلوتين، لكن هي تأكل كل أنواع المعجنات بلا قلق... الخ. وهكذا يُحدّد مبنى الجينوم صفات عديدة، طبعًا ليس فقط لدى بني البشر إنما في الحيوانات، النباتات وفي كل الكائنات الأخرى. كل صفة عند المولود هي نتيجة لدمج الجينوم الذي حصل عليه من أمه مع الجينوم الذي حصل عليه من أبيه. لذلك، يستطيع الوالدان أن ينقلوا للنسل بالوراثة المعلومات الموجود في الـ DNA فقط ، والتي حصلوا عليها من والديهم. لكن إذا كان الوالدين غير متطابقين للنسل دمج صفات خاص ناتج عن تركيب حوامض الـ DNA التي حصل عليها من والديه.

خلال الحياة، عندما تظهر الصفات المحدّدة في الجينوم تحدُث عمليات أخرى تؤثر عليهم. مثلا، إذا ورث النسل جين عيون زرقاء من أحد الوالدين، ومن الوالد الآخر جين عيون خضراء، لون عيونه تكون خضراء وليس زرقاء، لأنّه خلال عملية التعبير "يتغلب" جين لون العيون الخضراء على جين لون العيون الزرقاء. أمر مشابه يحدثً في صفات اخرى أيضًا.

تغيير في مبنى الجينوم نتيجة لعمليات تتعلق بالتكاثر وعمليات عشوائية

كيف يحدُث أنّ إخوة ولدوا لنفس الوالدين غير متطابقين؟ لنتذكر أيضًا أنّ لدى الوالدين النسختين في الجينوم غير متطابقتين: الأب حصل على نسخة واحدة من أبيه ونسخة واحدة من أُمه، والأُم حصلت على نسخة واحدة من أبيها ونسخة واحدة من أُمها. اي نسخة من الجينوم يُوّرث كل والد لكل واحد من نسله؟ هذا ما لا نستطيع معرفته مسبقًا. هنالك أربعة احتمالات مختلفة للجينوم الذي بإمكان كل واحد من النسل أن يورثه من والديه، ولذلك حتى إخوة من نفس الوالدين هم غير متطابقين. إضافة الى ذلك، حتى لو وُجد أربعة إخوة في العائلة لا نجد بينهم اثنين متطابقين. لذلك نحن نفهم أنّ هناك آليات أُخرى تُساهم في إنتاج خليط من الجينات التي تنتقل من الوالدين إلى النسل بالإضافة إلى العملية البسيطة التي ذُكرت هنا. وصف الآليات المسؤولة عن هذه العملية هي ليست من شأن هذا الكتيب، والمهتمون بالأمر مدعوون لمراجعة كتب الوراثة.

كما يتضح، إذًا، أنّ المصدر الاول لتنوع الصفات الذي نجده في المجموعة السكانية هو دمج صفات الوالدين لتكوين جينوم الأبناء، الأمر الذي يؤدي إلى أن يكون النسل غير مطابق للوالدين أو الإخوة والأخوات. خلافًا للإنسان أو الثدييات الأخرى، بين الكائنات الأخرى أُهناك كثيرون من ثنائيي الجنس. كثير من النباتات هي كذلك: كل فرد هو ذكر وانثى أيضًا. عندما يخصّب النبات نفسه، للنسل والد واحد وهو يمنحهم نصفي الجينوم. الاحتمال للتجانس في صفات النسل في حالة كهذه كبير. في الزراعة، انتقى المعتنون نباتات تحتوي على نصفين متطابقين من الجينوم. في نباتات كهذه، النسل والذي هو نتيجة "إخصاب ذاتي" متطابق بشكل مطلق. هكذا ينجح المزارعون بتنمية نباتات في حقول كاملة، حيث تكون جميع النباتات المزروعة بها ذات طول متجانس وشكل متجانس، تنضج ثمارها بنفس الوقت والمحصول الذي يتمّ جمعه من كل النباتات متجانس. هذا التجانس الذي هو ناتج اصطناعي لعمليات الانتخاب الطبيعي والعناية له أهمية كبيرة في الزراعة.

في الطبيعة، عندما يكون التهجين غير مقصود، إنما يحدُث بالصدفة، بشكل عام الإخصاب غير ذاتي، إنما "اخصاب متبادل"، بويضات الأُم تخصبها حيوانات منويّة من أب مختلف عنها. للنباتات البرية هنالك عدد من الآليات التي تضمن أن لا تحدُث عملية اخصاب ذاتي إنما اخصاب متبادل أيضًا في النباتات ثنائية الجنس .

مصدر آخر لزيادة التنوع الجيني في المجموعة السكانية هو تغيير في مبنى الجينوم يدعى طُفرات (في المفرد- طُفرة)، وهي عبارة عن تغييرات عشوائية في مبنى أو ترتيب القواعد في الحوامض النووية. عند مضاعفة الخلايا والانتقال من جيل إلى آخر تُنسخ الحوامض النووية مرّة تلو الأخرى. تحدُث هذه العملية في جسم الكائن الحي مرّات عديدة، بالأساس عند إنتاج الخلايا الجنسية – الحيوانات المنوية والبويضات- التي منها يَنْتُج الجيل القادم. تحدُث أحيانًا، خلال عملية النسخ تشويشات- طُفرات، مثلا: تبديل قاعدة بأخرى، حذف مقطع من الحوامض النووية، نقل مقطع من الجينوم من مكان معيّن إلى مكان آخر. تؤدي الطفرات الى تغييرات في مبنى الجينوم.

إذا حدثت الطفرة في مكان يؤثر على صفة معينة، مثلًا: على طول الإنسان، على حجم دماغه أو على حجم عضلاته يمكن أن يحدُث تغيير في هذه الصفة عند النسل مقارنة بنفس الصفة عند الوالدين. تتحول الطفرة لتكون جزءا من مبنى الجينوم لهذا النسل، وعندما يكون له أبناء سوف تنتقل هذه الصفة لهم. هكذا أيضًا في كائنات أخرى: تؤدي الطفرات إلى تغييرات في الصفات، وتنتقل هذه التغيرات بالوراثة.

نرى إذًا أنّ الطفرات تزيد من التنوع الجيني للمجموعة السكانية. من الجدير بالذكر أنّه لا توجد هناك عملية توجّه الطفرات، وأغلبيتها العظمى من الممكن أن تؤدي إلى خلل وراثي وموت النسل. ولكن، هناك أهمية كبرى للطفرات التي غيّرت صفات الكائنات بدون حدوث ضرر، وبالأساس الطفرات عادت بالفائدة على النسل، لهذه الطفرات أهمية كبيرة في عمليات النشوء والارتقاء التي نبحثها.

صورة 8: درة مطوقة، نوع ببغاء يعيش في أسراب بأفريقيا وآسيا. عمومًا، يكون لون الدرة أخضر، ونتيجة التحوّلات، تظهر تفاصيل كثيرة بألوان قوس قزح.
المصدر: ويكيميديا، رخصة CC-BY 2.0. المصوّر: south92.

عملية الانتخاب الطبيعي – أفضلية لذوي النسل البالغ

حتى الآن تعاملنا بمستوى الفرد، في مبنى الجينوم الخاص به وبصفاته. جميع الأفراد الذين توجد بينهم قرابة من حيث الأصل لدرجة أنهم قادرون على التزاوج وإنجاب نسل خصب، هم أبناء نوع واحد ومتشابهون بصفاتهم. الكلمة نوع في هذه الحالة هي ترجمة للكلمة الأجنبية species، وعلينا التمييز بينها وبين الكلمة التي تُشير فيما إذا كان الفرد هو ذكر أو أُنثى، وهي الكلمة العربية جنس، العبرية زفييج זווּג ، والاجنبية sex.

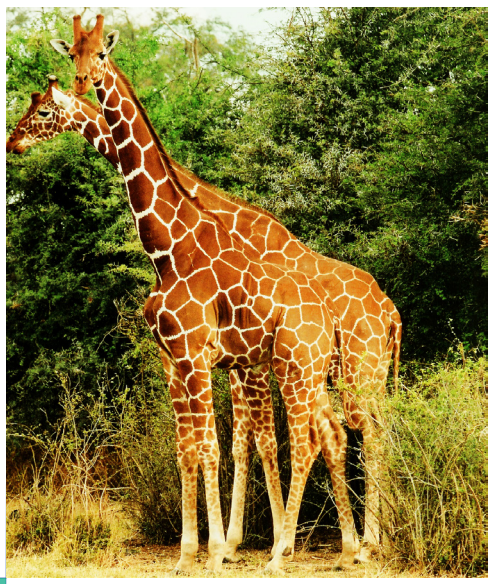
أبناء نفس النوع يكوّنون عشيرة من الممكن أن يحدُث في داخلها نقل حرّ لمعلومات وراثية عن طريق التزاوج. تُحدّد عامة الصفات لأبناء النوع حسب التنوع الوراثي للعشيرة. هناك طوال وقصار، فاتحون وغامقون، حساسون للأمراض أو ذوو قدرة صمود وهكذا. يتغيّر هذا التنوع مع مرور الزمن. ذكرنا في الفصول السابقة عدد من الآليات التي تُساهم في زيادة التنوع الوراثي للعشيرة.

السؤال الذي يُطرح هو: إذا كان التنوع الوراثي مستمر ويزداد مع مرور الزمن أو أن هناك عمليات تقلل منه. العمليات التي سنبحثها لا تتعلق بما يحدُث للإنسان اليوم أو ما حدث خلال التاريخ. نبحث هنا كائنات أخرى والإنسان ما قبل التاريخ.

يتنافس أفراد النسل فيما بينهم للحصول على الموارد البيئية الضرورية لمعيشتهم، لتطورهم ولتكاثرهم. من الممكن أن تشمل هذه الموارد الطعام والماء، أماكن ملائمة للعيش والاختباء، مثل: الأشجار للتعشيش، جحور للاختباء وما شابه. كلّما استطاع الفرد الحصول على قدر أكبر من الموارد البيئية الضرورية له تزداد احتمالاته للعيش والتكاثر. كمية الموارد البيئية محدودة، ولذلك عندما تزداد العشيرةتنجح كائنات بأن تعيش وتُنجب، وكائنات اخرى لا تنجح في ذلك لأنّ صفاتهم لا تمكّنهم من الحصول على موارد كافية.

من هم هؤلاء الذين ينجحون بنقل صفاتهم إلى الأجيال القادمة؟ الأفراد الذين يحصلون على موارد أكثر من البيئة المحيطة وينجبون نسلًا أكثر– احتمالاتهم لنقل صفاتهم للجيل القادم أكبر من الأفراد الذين ينجبون نسلًا أقل.

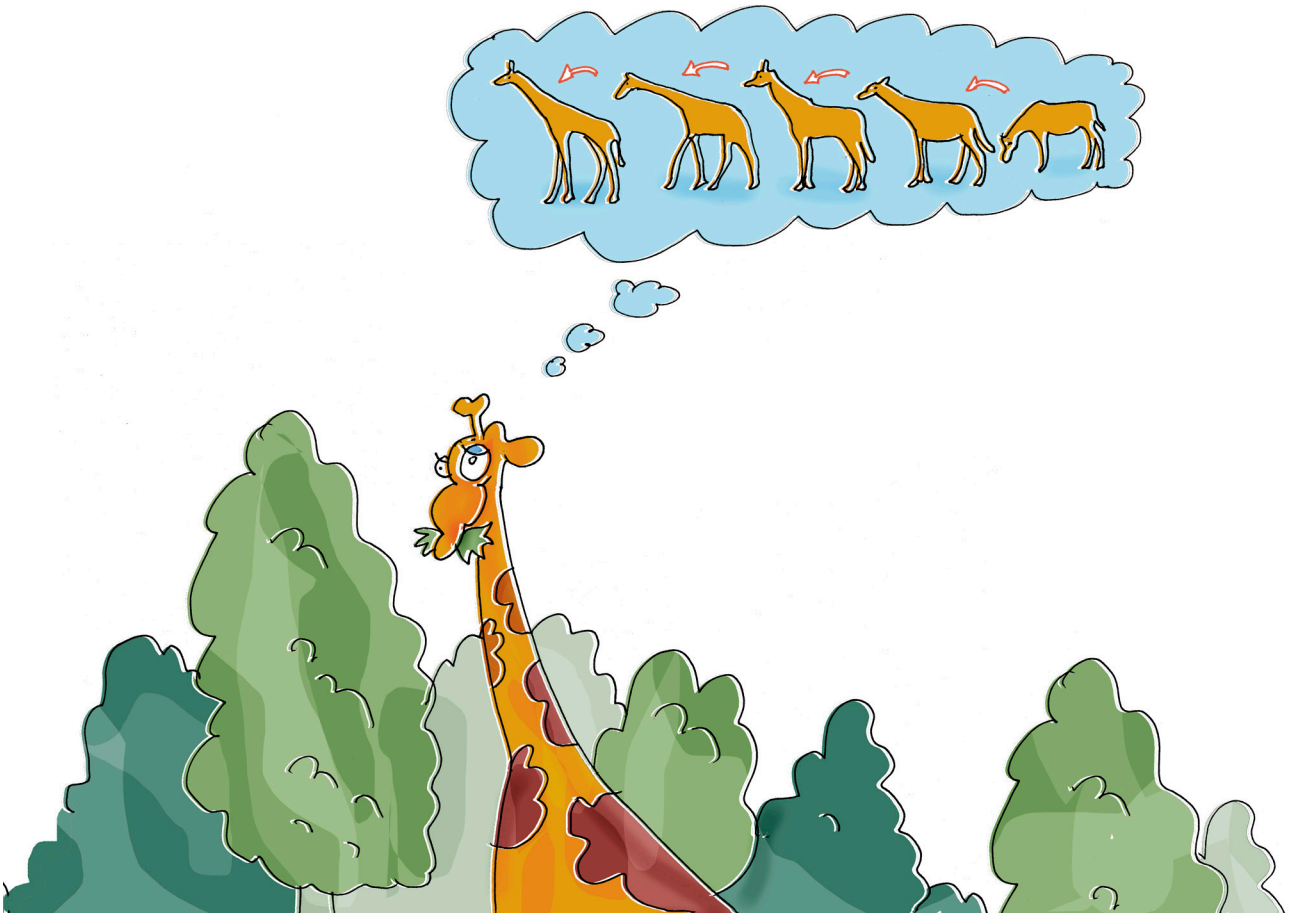
مثال على ذلك، الحيوانات التي تتغذى على أوراق أشجار عالية. واضح أن هذه الحيوانات تستطيع أن تعيش في بيئة محيطة فيها أشجار، والأطول منها يستطيع أن يحصل على كمية أكبر من الطعام مما يحصل عليه القِصار. وبما أنّ الغذاء يتوفر لطوال القامة فهم الذين ينجبون نسلًا أكثر، وخلال الأجيال يزداد الاحتمال لذكر طويل أن يتزاوج مع أنثى طويلة. نسلهم يكون أطول أيضًا، ويكون احتمال أفضل لطوال القامة للبقاء من قِصار القامة. هكذا، وعلى مدى أجيال، يتقلص التنوع الوراثي للعشيرة ويبقى فقط طوال القامة من أبناء نفس النوع. مثال على ذلك نجده اليوم عند الزرافة.



صورة 9: زرافة تأكل من شجرة. مصدر: ويكيميديا، المصوّر: Dan Lundberg، رخصة CC BY-SA 2.0.

تخضع الكائنات التي تعيش في الطبيعة لعملية إنتقاء طبيعي، الأمر الذي يعطى احتمالاً أكبر لبقاء كائنات حية ذات صفات تمكّنها من إنجاب نسل أكثر من الآخرين. الانتخاب الطبيعي هو نتيجة ضغوط مختلفة تؤثّر على البقاء وعلى القدرة على الإنجاب. من الممكن أن تكون هذه الضغوط متعلقة بالظروف الفيزيائية في البيئة المحيطة أو بتأثير كائنات حية أخرى، مثلًا: الذين يُستعملون كمصدر غذاء، المسببون أضرار كالمفترسات أو الذين يتنافسون على الموارد الضرورية. مع ذلك، المنافسون الأكثر شدّة على الموارد هم من أبناء نفس النوع، لأنّه تلزم جميعهم نفس المتطلبات: تتغذى من نفس المصادر، تعيش في نفس المكان وتتكاثر بنفس ا الطريقة.

عمليات الانتخاب الطبيعي تميل إلى تقليص التنوع الوراثي للعشيرة وإلى زيادة الملاءمة بين النوع والظروف المعيشية حوله. تتراكم خلال الأجيال اختلافات في مبنى الجينوم في العشيرة التي كانت تحت ضغط الانتخاب الطبيعي. في المثال الذي ذكرناه سابقًا – الحيوانات التي تتغذى من أوراق أشجار عالية تُنتِج عشيرة جديدة لكل الأفراد فيها جينوم يملي وجود رقبة طويلة. تراكم التغيّرات في مبنى الجينوم يؤدي إلى تغيير كبير في مبناه، حتى إنّه لم يعد ممكنا تزاوج خصب بين أفراد العشيرة الجديدة وأفراد العشيرة الأصلية. بهذا الشكل من الممكن أن يتحول أحد الأنواع إلى نوع آخر.، وكل الأفراد ذوي التغيّرات في الدرجات الوسطى يختفون نتيجة لضغط الانتخاب الطبيعي الذي يؤثر عليهم. في النهاية، يبقى الأكثر ملائمة فقط من بين كل الأنواع، والذين أنجبوا نسلًا كثيرًا هم الذين صمدوا في كل مكان ومكان.



النشوء والارتقاء – نتيجة لتغيّرات في الجينوم،

ضغط انتقاء متغيّر وانتقاء طبيعي

خلال وجود الكرة الارضية، أدت العمليات التي ذُكرت سابقًا إلى تطوّر أنواع كثيرة من الأشكال الأولية للحياة، والتي كانت بسيطة جدًّا. السبب الرئيسي الذي أتاح ذلك هو الزمن الطويل الذي مضى منذ أن ظهرت أشكال الحياة الأولى. عدد الأجيال الكبير الذي تعرَّض لحدوث تغيّرات طفيفة بواسطة عمليات الوراثة وحدوث الطفرات العشوائية، هو الذي أدى إلى تغّيرات بعيدة المدى وإلى إنتاج جميع الكائنات الحية التي تعيش اليوم في عالمنا.

سوية مع التغيّرات في صفات الكائنات الحية، حدثت أيضًا تغيّرات في البيئة المحيطة التي تعيش فيها. ارتفعت جبال، تكونت أغوار، جفت أو تكوّنت محيطات، تغيّرت ظروف المناخ وأيضًا تغيّر تركيب الغلاف الجوي وحدثت أحيانًا تغيّرات بسبب نشاط الكائنات الحية.

بيّنت الأبحاث أن في الغلاف الجوي الأولي للكرة الارضية لم يتواجد الاكسجين بتاتًا. فقط بعد ظهور الكائنات التي أنتجت غذائها خلال عملية التركيب الضوئي، والتي من خلالها ينطلق أكسجين حرّ، تراكم هذا الغاز في الهواء واليوم تبلغ كميته خُمس حجم الغازات التي تحيط الكرة الارضية. الأكسجين هو الذي يُمكّن بقاء معظم الكائنات الحية التي تعيش اليوم، لم يكن موجودا في هواء الكرة الأرضية في السابق.

يفترض الباحثون أنّ تكاثر الكائنات الحية حفّز انتقالها إلى بيئات حياتية جديدة أيضًا. ظهرت الكائنات الأولى في مياه ضحلة. وبعد أن ازداد عدد أفراد العشيرة، انتقل بعضهم إلى مناطق أخرى في مجمعات مائية. استمرّ التطوّر داخل الماء وظهرت بالتدريج أشكال حياتية معقدة أكثر. مع الوقت وصلت الكائنات الحية الى اليابسة، وانكشفت إلى ظروف حياتية تختلف عن الماء. خلال الانتقال في مناطق رطوبتها عالية، تطوّرت بشكل تدريجي كائنات ذات صفات حمتها من الجفاف عند انكشافها للهواء ومكّنتها من العيش على اليابسة وتنفس الهواء. هكذا تكوّنت أنواع اضافية نجحت في البقاء ليس فقط إلى جانب الشواطئ، إنما وصلت الى رؤوس الجبال والى الصحاري.

اختلف ضغط الانتخاب الطبيعي من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر، وهكذا تعرَّضت الكائنات التي عاشت في كل مكان إلى ضغط خاصة وجّه تطورها. كانت النتيجة تطور كائنات قادرة على الملاءمة للعيش في أعماق البحر وأخرى باستطاعتها الطيران ، وكائنات ذات ملائمة للعيش تحت الثلوج والجليد وأخرى ذات ملاءمة للعيش في ينابيع الماء الساخنة أو في الصحاري الملتهبة. أثّرت التغيّرات الكثيرة التي حلت بالظروف البيئية وظهور كائنات مختلفة على تطور كل نوع ونوع وحدّدت قدرته على البقاء.

مثال مشهور لتأثير التغيّرات في ظروف البيئة المحيطة على عالَم الحي هو النيزك الذي اصطدم بالكرة الارضية قبل ما يقارب ستين مليون سنة، حيث غيّر بشكل متطرف وسريع ظروف المناخ في كل العالَم. كما يبدو، أدى هذا التغيّر إلى اختفاء الديناصورات التي سيطرت حتى ذلك الوقت على معظم مساحات الكرة الارضية، وفتح الباب أمام تطوّر الثدييات.

عملية تكون الانواع والتقسيم المنهجي

في طبيعة الحال، العمليات التي وُصفت حتى الآن هي بطيئة ومن الصعب ملاحظتها. من المهم أن نتذكّر أنّ التغيّرات – الناتجة من تركيب جينومي جديد، أو عمليات وراثية، أو طُفرات – تحدُث في مستوى الفرد الواحد وهو، فقط، يحمل الصفة الجديدة. إذا كان هذا الفرد ناجحًا بالفعل ونجح بالإنجاب، آنذاك هناك احتمال أن يحمل نصف النسل، على الأقل، الصفة الجديدة. خلال الأجيال يكون هناك المزيد ممن يحملون الصفة الخاصة الجديدة. إذا أضافت هذه الصفة لحاملها أفضلية بالتعامل مع ضغط الانتخاب الطبيعي الذي يؤثّر على النوع، ونجح في إنجاب أعداد كبيرة من النسل أكثر من الآخرين، ترتفع وتيرتها في العشيرة مع مرور الزمن. ولكن تغيير في صفة واحدة لا يُعرّف بالضرورة بأنه نوع جديد. هناك حاجة لتراكم صفات ذات فائدة تُتيح إنتاج نوع جديد وسيطرته على كل المساحة.

عامل حاسم في عملية تكوّن نوع جديد هو عزل التكاثر من الأنواع السابقة له. كما قلنا، يظهر في البداية فرد واحد ذو صفة خاصة. يحمل بعض النسل لهذا الفرد الصفة الموروثة منه. في هذه المرحلة تكون الصفة نادرة جدًا في العشيرة كلها، لذلك احتمال التزاوج بين فردين ذوي نفس الصفة منخفض. لكن، إذا عزل عامل معيّن جزء من العشيرة، مثلًا: أنهم كانوا يعيشون في مجموعة صغيرة في سهل منعزل ولا يصلها أفراد آخرون، سوف يحمل كل نسلهم الصفة الخاصة. هكذا تتكون في هذا السهل عشيرة خاصة تختلف عن أبناء نفس النوع الذين يعيشون في أماكن أخرى.

من الممكن وصف أوضاع أخرى يتمّ فيها عزل نسل لزوج والدين من التكاثر مع باقي أفراد العشيرة. عزل كهذا مع الوقت ضروري لتراكم تغيّرات كافية في العشيرة لتحويلها إلى نوع جديد يختلف عن العشيرة الأصلية. نحن نعرف أن فرد ينتمي إلى نوع معيّن، لا يستطيع أن يتكاثر وينجب حتى لو كان النوعين متشابهين . الفروق الوراثية بين أبناء النوعين التي تراكمت خلال التطوّر لا تمكّن من تكوين جينوم مشترك بإمكانه أن يؤدي إلى بقاء كائن حي خصب.

من الممكن تقسيم الأنواع المختلفة إلى مجموعات، وفي كل مجموعة تتشابه الأنواع مع بعضها البعض. يُشير التشابه إلى وجود أب مشترك، لأنّ كل التغيرات في الجسم تعتمد على مبنى قائم، مثلًا: كل الكائنات الحية ذات غطاء جسم مصنوع من كيتين تنتمي إلى مجموعة واحدة مع أب مشترك واحد، ورثت منه هذه الصفة. نطلق على هذه المجموعة مجموعة " المفصليات"، لأنّ أرجلها مركّبة من مفاصل ومغلّفة بغطاء من الكيتين الخارجي الذي يُعتبر هيكل الجسم. داخل المجموعة حدث تطوّر كبير جدًا، ونجد اليوم تنوعًا كبيرًا من كائنات ذوات هيكل خارجي مصنوع من كيتين.

تنتمي إلى هذه المجموعة ملايين الأنواع من الكائنات، ابتداء من سرطانات صغيرة طولها حوالي ميليمتر واحد وانتهاءً بكائنات حجمها عشرات السنتيميترات. تنتمي إلى هذه المجموعة الحشرات المختلفة: خنافس، فراشات، ذباب، نحل، جنادب، عناكب، العثّ، القرّاد ومجموعات إضافية أخرى. كل نوع وشكله الخاص وأسلوب حياته الخاص به. ولكن بما أن لجميعهم نفس المبنى الأساسي للهيكل الخارجي المبني من الكيتين، فإنّنا نفترض أنّ لجميعها أصل مُشترك، جَد واحد ورثوا منه هذه الصفة.

ننسب الأنواع الأكثر قُربًا إلى نفس الجنس، ننسب جميع الأصناف القريبة من بعضها، والتي لها أصل مُشترك، منذ زمن قديم، إلى نفس العائلة، وهكذا. ترتيب الأنواع في نظام يعتمد على القرابة والتشابه يُسمّى تصنيف. هذا هو العِلم الذي يبحث في تصنيف الكائنات الحية، توزيعها إلى مجموعات حسب التشابه بينها، والذي بحسب رأي الباحثين يُشير الى علاقات قرابة وإلى أصل مُشترك. يرتكز هذا العِلم على فَهْم أشكال مختلفة للكائنات الحية، ويُشير إلى اتجاهات التطور التي أدت إلى تكوين كل الأنواع المعروفة لنا. في السنوات الأخيرة تطورت طرق تمكّن الباحثين من مقارنة مبنى الحوامض النووية في جينوم الكائنات الحية المختلفة. يُشير تشابه مبنى الجينوم أكثر من كل شيء آخر إلى الأصل المُشترك للكائنات الحية المختلفة.

انتقاء الصمود لمبيدات الأعشاب – دلالة لنشوء وارتقاء يحدُث أمام أعيننا

كما ذُكر سابقًا، من الصعب ملاحظة التغيّرات التي تحدُث في الطبيعة لأنّها بطيئة جدًّا. ولكن في ظروف ضغط بيئي صناعي كالذي يقوم به الإنسان من الممكن التمييز بسهولة بتأثير عمليات النشوء والارتقاء. ذكرنا في السابق الحيوانات الأليفة، البهائم والنباتات الزراعية ونباتات الزينة التي اعتنى بها الإنسان بشكل مقصود. عملية العناية تعتمد على ضغط إنتقاء قوي وعلى تزاوج مقصود بين ذوي صفات مرغوب بها.

هناك أيضًا أمثلة لأوضاع يؤدي ضغط الانتخاب الطبيعي الذي يقوم به الإنسان إلى تغيّرات وراثية بعيدة المدى في عشائر الكائنات الحية في الطبيعة. مثال بارز هو تأثير استعمال مبيدات الأعشاب على التطوّر السريع لأصناف صامدة من الاعشاب. مبيدات الأعشاب هي مواد كيماوية تُعيق المجرى السليم لعمليات حيوية في النبتة وهكذا تؤدي إلى موتها، ولذلك عندما يقوم مزارع برش حقله بمبيد أعشاب والأعشاب حساسة له، تموت الأعشاب ولا تتكاثر. ولكن هذا لا يكفي للتخلص من الأعشاب، لأنّ الأعشاب تنمو في حقول مجاورة وفي الأرض البور التي لم تُرش. البذور التي نَتَجت في الجوار تنتشر بواسطة الرياح أو بواسطة حيوان وتستطيع الوصول مرّة أخرى إلى الحقل. لهذا يضطر المزارعون إلى رش حقولهم كل سنة.

في إحدى الحالات ظهرت في الحقل نبتة وحيدة صامدة لمبيدات الأعشاب. هذه الصفة الجديدة للصمود ناتجة من طُفرة في أحد جينات النبتة، وحوّلت النبتة إلى صامدة للمادة الفعّالة في مبيد الأعشاب. بالرغم من محاولاتهم لقتلها بمبيد الأعشاب، هذا الفرد– العشبة الوحيدة– نمى وأنتج بذورًا ونشرها في الحقل. في السنة القادمة، رش المزارع مرّة أخرى نفس مبيد الاعشاب. ماتت الأعشاب التي لا تملك الجين ذا الطفرة. ولكنّ نسل النبتة الصامدة نمى وأزهر وتكاثر ، لأنّه لم تكن نباتات حساسة في بيئتهم. وهكذا، خلال سنوات معدودة تكونت عشيرة جديدة من أعشاب صامدة أمام مبيد الحشرات. هذا مثال لعملية نشوء وارتقاء سريعة ناتجة من ضغط انتقاء قوي يرافقه عزل تكاثري لذوي الصفة الجديدة.

كما تظهر في السنوات الأخيرة بكتيريا صامدة أمام مضادات حيوية. تنتشر هذه البكتيريا بالأساس في المستشفيات التي ينتشر فيها استعمال المضادات الحيوية.

هذه الأمثلة هي عمليات نشوء وارتقاء معروفة، وكان من الممكن التنبؤ بها مسبقًا، ولكن رغم أن مبادئها معروفة للعلماء، لم يكن بالإمكان تجنبها. تُشير الأمثلة إلى قدرة عمليات النشوء والارتقاء على التوجيه ظهور أشكال حياة جديدة من أشكال موجودة في أعقاب ضغط الانتخاب الطبيعي والعزل التكاثري.

فكرة لنشوء والإرتقاء ومسألة أصل الإنسان

منذ فجر التاريخ آمن بنو البشر بالخليقة من قبل قوة عليا. حسب العقيدة الدينية، خُلقت جميع الكائنات في عالمنا كما هي الآن، وهي موجودة على هذا الشكل منذ ذلك الزمن. حسب هذه الاعتقادات التي سيطرت بلا منافس حتى قبل مئة وستين عامًا، الإنسان هو مخلوق صُمم بيد الله كحاكم وحيد على كل الطبيعة المحيطة به.

في منتصف القرن التاسع عشر نشر عالمين بريطانيين، تشارلز داروين والفرد راسل فالس فكرة "النشوء والارتقاء بواسطة الانتخاب الطبيعي". توصل كل واحد منهما إلى الفكرة بنفسه اعتمادًا على الأبحاث التي نفّذها في الطبيعة ، ولكن على مرّ السنين اشتهر داروين، أمّا اسم والس لم يُذكر تقريبًا في هذا المجال.

الفكرة التي طُرحت عرضت التعليلات التي ذكرناها في هذه الكراسة. استنتاج والس وداروين كان أنّ الكائنات الحية التي تعيش اليوم، في عالمنا، لم تُخلق في وقت واحد، إنما تطورت تدريجيًا على مدى العصور التي سبقت فترتنا. ظهرت خلال هذا النشوء والارتقاء كائنات مختلفة تطورت من كائنات أخرى سبقتها. سيرورة النشوء والارتقاء كانت من البسيط إلى الأكثر تعقيدًا، وبكلمات أخرى من البدائي إلى المتطور. معظم أنواع الكائنات التي تواجدت على الكرة الارضية لم تصمد خلال النشوء والارتقاء، وفقط دلائل من المتحجرات بقيت كي تُشير إلى وجودها. أشارت الأبحاث التي أُجريت بعد ذلك بسنوات على أنّ متابعة مباني المتحجرات دعمت الفرضيات التي طرحها داروين وفالس بالنسبة لخطوط التطوّر من كائنات بسيطة إلى كائنات متطوّرة.

الكائنات التي نراها اليوم هي ناتج للمرحلة المتأخرة من النشوء والارتقاء في كل خط تطوّر. أحد خطوط التطوّر أدى إلى ظهور النباتات وخطّ اخر أدى إلى تطوّر الحيوانات بأشكالها المختلفة. تفرّع كل خطّ مع مرور الزمن إلى خطوط. عندما نمعن النظر في الكائنات المنتسبة إلى خطوط تفرعت في مراحل سابقة خلال النشوء والارتقاء ، نرى اليوم كائنات شبيهة بتلك الكائنات التي عاشت قبل ملايين السنين. مثال على ذلك المرجان، الحشرات والحلزونات تشبه كائنات حية تواجدت في قاعدة خطوط التطوّر التي تفرعت فيما بعد من نفس الخط التطوري. ظهرت بعدها خطوط الأسماك والزواحف. في مرحلة متأخرة أكثر في خطّ تطور االحيوانات ظهرت الثدييات.

تنتمي إلى الثدييات الفئران، الدببة، الفيلة، الأسود، النمور، القردة، الحيتان وحيوانات كثيرة أخرى. الثدييات هي الكائنات التي نشبهها في مبنى الجسم وفي سيرورة الحياة. كلها تملك هيكل عظمي داخلي يحتوي على جمجمة، عمود فقري وأربعة أطراف. يوجد في جميع الثدييات جهاز عصبي مركزي مركزه الدماغ، وهو محمي داخل علبة الجمجمة. كلها تتشابه بأجهزة أخرى في الجسم، مثل: جهاز الأوعية الدموية، جهاز الهضم، جهاز التنفس. في كل نوع تتواجد كائنات من الجنسين، ذكر وأنثى، وبعملية التكاثر يخصّب الذكر الأنثى. خلال فترة الحمل تحمل الأنثى الجنين المتطوّر في رحمها ، وفي نهاية الفترة يولد المولود أو المواليد. ترضّع الأنثى المواليد في الفترة الأولى من حياتهم. كل هذه صفات تميّز الثدييات مقابل كائنات حية أخرى.

ينتسب بني البشر إلى الثدييات لأنهم يملكون جميع الصفات التي ذكرناها. عندما نبحث مبنى مجموعات الثدييات المختلفة نميّز الصفات التي تدعم الفكرة التي تقول: إنّه قد تواجد خطّ تطوري امتد من قِردة متسلقة على الاشجار، تسير على أربع مع ذنب طويل، إلى قردة عديمة الذنب تسير على قدمين. وُجدت بقايا هياكل كائنات أظهرت صفات

وسطى ما بين القردة والانسان، من حيث انتصاب القامة ومبنى الجمجمة. الاستنتاج الواضح من هذه الدلائل أنّ الإنسان كسائر الكائنات الأخرى، وهو ناتج النشوء والارتقاء وأصله من كائنات حية بدائية جدًّا تشبه القردة الموجودة في عصرنا.

هذا الاستنتاج هو الذي أثار غضب المؤمنين بالديانة المسيحية في بريطانيا في القرن التاسع عشر. رفضوا القبول به وادعوا أنّ قبول هذه المبادئ لنظرية النشوء والارتقاء تعني الكفر بمبادئ الديانة. الباحثون الاوائل للنشوء والارتقاء واجهوا رد فعل غاضب واستهزاء من قبل رجال الكنيسة.

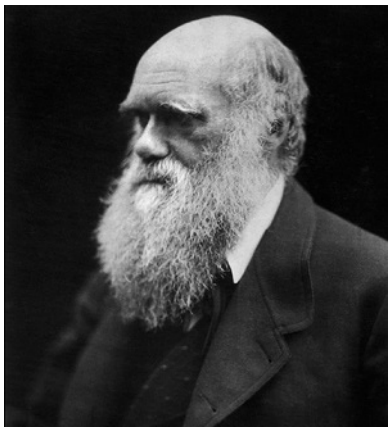
ما زال هناك مؤمنون في الدين يرون بفكرة النشوء والارتقاء محاولة لتقويض أُسس المعتقد الديني، بالرغم من أن كثير من الباحثين اقترحوا تفسيرات تعتمد على التسوية بين قصة الخلق التوراتية والنشوء والارتقاء. الخلافات الأساسية تكمن في قضية المدة الزمنية لاستمرارية العملية ونوايا الخالق. يصر المؤمنون على الالتزام بقصة الخلق كما هي ويدعون أنّ كل عملية خلق الكائنات على سطح الكرة الارضية استمرت ستة أيام. ولكن إذا كان المكتوب لا يتناقض بالضرورة ليوم مكوّن من 24 ساعة إلا لفترة طولها غير معرّف، من الممكن أن نرى في قصة الخلق عملية تدريجية لتصميم العالَم وظهور الكائنات الحية الواحد تلو الآخر، من البسيط الى المعقد، والذي في نهايته ظهر الانسان.

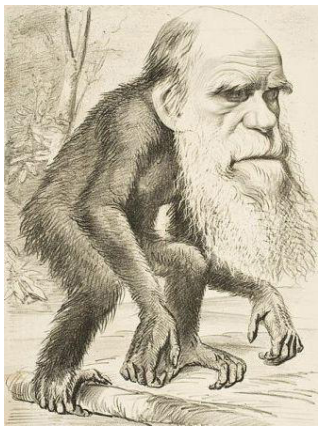
من الممكن أيضًا أن نرى في قوى النشوء والارتقاء، في زيادة التنوع الجيني وفي الانتخاب الطبيعي جزءًا من قوة عليا تُحرِّك الأحداث في العالَم والكون، مثل قوانين الفيزياء والكيمياء. المبدأ الذي لا يمكن الاتفاق عليه هو قضية نية الخالق. حسب علم النشوء والارتقاء، العملية بأكملها تتحرك بواسطة أحداث عشوائية كثيرة غير موجهة منذ البداية إلى نتيجة محددة. لذلك من الممكن أنه في كوكب آخر، حتى وإنْ كان شبيهًا بمبناه وصفاته للكرة الأرضية نشأت كائنات حية تختلف عن المخلوقات التي نجدها اليوم من حولنا. هكذا أيضًا من الممكن أنه في نفس الكوكب لم ينشأ الإنسان بشكله المعروف لنا، وقد يظهر كائن حي آخر في المرحلة العليا من خطّ تطوّر الحيوانات.

تشارلز داروين والفرد راسل والاس - مَن صاغا نظريّة النشوء والارتقاء

تشارلز داروين (Charles Darwin) (1809-1882) كان أحد العالمين الذين صاغوا نظرية النشوء والارتقاء وعرضوها أمام العالَم العلمي في منتصف القرن التاسع عشر. في أعقاب أبيه، الذي كان طبيبًا، بدأ يدرس في كلية الطب في جامعة ادينبورو، لكنه مَلّ سريعًا وانتقل إلى دراسة مواضيع بيولوجية متنوعة. فيما بَعد أرسله والده للتعلُّم في جامعة كيمبردج، وتعلَّم فيها مبادىء البيولوجيا حسب الدين، كما كان متبعًا آنذاك.

في نهاية سنة 1831 انضم كباحث طبيعة إلى رحلة السفينة بيجل، التي خرجت لرسم خريطة شواطئ جنوب-أمريكا. استمرّت رحلة السفينة حتى سنة 1836، بحث خلال الرحلة وفرة الحيوانات والنباتات التي عاشت في غابات المطر في البرازيل، انفعل من متحجرات حيوانات ضخمة اكتُشفت في الأرجنتين وبحث الأحياء في جزر جالابوس. في السنوات اللاحقة عمل داروين على تحليل المكتشفات التي أحضرها معه من الرحلة، وصاغ مبادئ نظرية النشوء والارتقاء. تبادرت هذه الافكار في دماغه خلال أبحاثه في علم طبقات الارض، علم الحيوان وعلم النبات التي اجراها خلال سنوات عمله.





صورة 10: من اليمين: تشارلز داروين. مصدر: ويكيبيديا. استعمال حرّ. المصوّر: Julia Margaret Cameron.

من اليسار: كاريكاتر نشره معارضو نظرية داروين، في ذلك الوقت، تتعلق بأصل الانسان من القرد. مصدر: University College London Digital Collection، استعمال حرّ

تراسل داروين مع علماء كثيرون، في تلك الفترة، من بينهم ألفرد فالس. كان انطباع داروين وأصدقائه أن فالس وصل إلى نفس الأفكار بالنسبة للانتخاب الطبيعي وأصل الأنواع، وعُرضت هذه الافكار كاكتشاف مشترك للاثنين أمام الجمعية الملكية البريطانية في سنة 1858. بعد ذلك بسنة نشر داروين كتابه الشهير "أصل الانواع"، وفيه وصف لنظرية النشوء والارتقاء. بالرغم من معارضة النخبة العلمية والمؤسسة الدينية، استُقبلت أفكار داروين بحماس من قِبَل العلماء في أنحاء العالَم.

ألفرد راسل فالس (1823–1913) (Alfred Russel Wallace) كان باحث طبيعة وجغرافيا بريطاني. لم تكن عائلة فالس غنية، لذلك اضطر أن يترك المدرسة بسن 14 لكي يعمل. تعلّم مساح أراضي، وقد قربه عمله إلى لطبيعة.

في سنة 1848 خرج فالس في رحلة إلى البرازيل مع عالِم الحشرات هنري بيتس، ولتمويل الرحلة خططوا أن يجمعوا حشرات وبيعها لمتاحف وجامعات. بين السنوات 1854 حتى 1862 بحث فالس الطبيعة في جزر ماليزيا في جنوب شرق آسيا، حيث جمع آلاف الحشرات والحيوانات الأخرى، العديد منها لم يكن معروفًا للعِلم. في هذه السنوات صاغ فكرة الانتخاب الطبيعي التي هي أساس نظرية النشوء والارتقاء. في سنة 1858 كَتَبَ حول ذلك لداروين وعُرضت الفكرة أمام الجمعية الملكية البريطانية كفكرة مشتركة لكليهما.

صورة 11: الفرد راسل فالس

مصدر: ويكيميديا، استعمال حرّ.

ساهم فالس مساهمة مهمة في بحث انتشار الأنواع في مناطق مختلفة، حيث تمّت صياغة هذا المجال فيما بعد كعلم الجغرافيا الحياتية. حسب المشاهدات التي أجراها في جنوب شرق آسيا حدّد الخطّ الجغرافي الفاصل بين حيوانات مصدرها من قارة آسيا وحيوانات من جزر المحيط الهادي، ويُدعى الخطّ حتى اليوم على اسمه "خطّ فالس". وهو من طوّر أيضًا فكرة ألوان التحذير في الحيوانات. كان فالس أول من اقترح إمكانية وجود حياة في كواكب أخرى في الكون، وناقش بجدية إمكانية وجود حياة على المريخ.

في الرثاء الذي كُتب لذكراه لُقب "أخِرُ عمالقة العِلم في القرن التاسع عشر"

تلخيص

عرضنا في هذه الكراسة المبادئ الأساسية لنظرية النشوء والارتقاء التي عُرضت أوّل مرّة من قِبل الباحثين فالاس وداروين في منتصف القرن التاسع عشر. حسب هذه النظرية، الكائنات الحية التي تعيش في عالمنا هي ناتج عمليات نشوء وارتقاء استمرّت مئات ملايين السنوات. يتمّ تحفيز هذه العمليات بواسطة قوى نشوء وارتقاء عشوائية غير مُوجّهة مسبقًا إلى نتيجة محددة.

تُشير دلائل المتحجرات من أنحاء الكرة الارضية إلى أنّه في البداية تواجدت في العالَم كائنات حية بسيطة، فقط، تشبه البكتيريا في أيامنا. تدريجيًّا، وعلى مدى ملايين السنين، ظهرت المزيد من الكائنات الحية، ومن الممكن أن نجد دلائل تُشير إلى خطوط النشوء والارتقاء التي أدت إلى أشكال حياة معروفة لنا اليوم.

يعمل النشوء والارتقاء بواسطة زيادة التنوع الوراثي وتقليصه أيضًا. تتمّزيادة التنوع الوراثي بواسطة الوراثة والطفرات العشوائية، وبالمقابل يتمّ تقليص التنوع بواسطة الانتخاب الطبيعي الذي يُضفي أفضلية للكائنات الحية الأكثر ملاءمة ويسبب انقراض الكائنات الحية الأقل ملاءمة في كل مكان ومكان. هذه العمليات غير موجّهة للحصول على نتيجة معروفة مسبقًا، إنما حدثت وتحدُث بطريقة عشوائية بشكل مطلق. الأساس الذي يوجّه النشوء والارتقاء هو عملية الانتخاب الطبيعي الذي يسبب انقراض الكائنات الحية الأقل ملاءمة، ويفتح المجال لاستمرارية تطور الكائنات الحية الأكثر ملاءمة في كل مرحلة وأخرى. تراكم تغيّرات النشوء والارتقاء والعزل التكاثري هما اساس تطوّر أنواع الكائنات المختلفة التي تعيش اليوم والتي عاشت سابقًا.

الكائنات الحية التي نراها اليوم في العالَم هي الأكثر تطورًا في كل خطّ من خطوط التطوّر التي ظهرت على مدى الزمن. هذا وتتواجد اليوم، جنبا الى جنب مع ذلك، بكتيريا، نباتات وحيوانات من مجموعات مختلفة. كل كائن ما زال قائمًا لأنّه لم يتواجد حتى الان كائن حي آخر يهدد بدحره من البيئة المحيطة التي يعيش فيها. من الممكن تصنيف الكائنات الحية إلى أنواع وأجناس وهذا حسب علاقات القرابة بينهم التي تُشير إلى أصل مُشترك.

كسائر الكائنات الحية، الإنسان هو أيضًا ناتج عملية النشوء والارتقاء. الصفات التي تميّزنا عن الأنواع الأخرى القريبة منا تتعلق بالأساس بمبنى الدماغ وقدرات تفكيرية متطوّرة، تخطيط، تعلُّم وتواصل. كل ذلك، كسائر صفات الأاخرى، ناتج عن عمليات النشوء والارتقاء أيضًا.

الخلاف بين المؤمنين في قصة الخلق الالهي وبين المتبنيين لنظرية النشوء والارتقاء ليس قضية مبدئية، إنما قضية تمييز في الكلمات والمصطلحات التي من الممكن تفسيرها بأشكال عديدة.

للقراءة الإضافيّة:

مادة مفصلة أكثر حول نظرية النشوء والارتقاء يمكن ايجادها – في موقع " كامبوس طيبع" في جامعة تل أبيب وعنوانه

http://evolution.campusteva.tau.ac.il/node/4727

من الممكن إيجاد --- نسخة من الكتاب الأصلي لداروين، "أصل الأنواع"

The Origin of Species

http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1861_OriginNY_F382.pdf

http://www.gutenberg.org/files/1228/1228-h/1228-h.htm

تعرضُ كرّاسات "كِداي لَداعَت" مجموعة منوّعة من المواضيع الأكاديميّة والمسائل المعقّدة بلغة تلائم الجميع. الهدف من ذلك هو كشف القرّاء على مجالات جديدة وتحدّي تفكيرهم.

تعرض هذه الكرّاسة المبادئ التي تقوم عليها نظريّة النشوء والارتقاء التي اقترحها في منتصف القرن 19 العالِمان البريطانيّان ولاس وداروين لتفسير الإجراءات التي أدّت إلى ظهور جميع المخلوقات على وجه الأرض، بما فيهم الإنسان.

برنامج بِنو أربيل للطلاب اليافعين المتفوّقين في الرياضيّات
قسم علوم الرياضيّات
كليّة العلوم الدقيقة على اسم ريموند وبفرلي ساكلر
جامعة تل أبيب

goodtoknow.tau.ac.il