

شجرة الحياة

The tree of life

عادة ما يُصوّر تاريخ التطور كشجرة، فروعها تمثل سلالة من الأسلاف المشتركة وجذورها في الخلايا المشتركة. لكن العلاقات بين الأنواع وخاصة بين الميكروبات معقدة جدًا حتى أنه قد يكون مستحيلًا أن نمثل الحياة كلها بهذا الشكل.

نشأت الخلايا الأولى منذ 3.5 إلى أربعة بلايين سنة، لكن المؤسس لكل الحياة الجارية على الأرض - السلف المشترك العالمي الأخير (LUCA) last universal common ancestor - قد يشبه البكتيريا الحديثة أو العتائق (البكتيريا القديمة). يعتبر نظام الكود الجيني هو المشترك الوحيد بين كل الكائنات، وبالرغم من أن فروع شجرة الحياة خرّجت كل الأنواع الحية والميتة من هذه الجذور فإن قوة التاريخ التطوري مجازية، لكن هل هذا صحيح؟

الخط الزمني

1859م	1735م	350 ق.م
وضع داروين في كتابه أصل الأنواع تخطيطًا لشجرة الحياة.	صنف لينئوس Linnaeus النباتات والحيوانات إلى مجموعات متشابهة.	رتب أرسطو كل الكائنات على مقياس الطبيعة أو سُلّم الحياة.

النقل الأفقي للجينات

أحياناً تستطيع المادة الوراثية لكائن واحد أن تستوعب جينوم كائن آخر. في عام 1928 أثبت عالم البكتيريا فريدريك غريفيث Frederick Griffith أن المكورات الرئوية pneumococcus تنتقل من غير المُقَوَّع إلى القاتل بعد امتصاص «مبدأ التحول» (المعروف اليوم بالـDNA) من البكتيريا الميتة. يعتبر النقل الأفقي للجينات شائعاً بين الميكروبات والفيروسات لكنه نادر في الكائنات متعددة الخلايا. تحدث أغلب حالات الانتقال المعروفة بين الأنواع وثيقة الترابط مثل الشركاء المتكافلين (المتعايشين) أو المتطفل وعائلته. تنتهي الجينات التي مُنحت للبكتيريا والفطريات في حيوانات بسيطة متعددة تضمن إسفنجة البحر والحشرات والديدان الخيطية. يبدو الانتقال إلى الأنواع الفقارية نادراً جداً لكن الـDNA بين الجينومات يجري تعديله بانتظام عن طريق الفيروسات والعناصر الجينية الأخرى المتحركة. وتعتبر الهندسة الوراثية شكلاً اصطناعياً من النقل الأفقي للجينات، ويعتبر أحد المخاوف على الكائنات المعدلة وراثياً في البرية هو إمكانية انتقال الـDNA الدخيل في أنواع أخرى. لكن في حين أن هذه الإمكانية بعيدة، فإن ندرة الانتقالات الطبيعية تفترض قلة المخاطر.

سَلَمُ الحياة

من الخطأ أحياناً اعتبار التطور مقياساً للتقدم من البدائي إلى الصور المكتملة كالإنسان باعتباره قمة الخلق. وتُعزى هذه الفكرة إلى أرسطو وسَلَمُ الطبيعة أو سلسلة الوجود العظيمة. في عام 350 قبل الميلاد رتب هذا الفيلسوف اليوناني كل الكائنات الحية وغير الحية في سَلَمٍ قاعدته الصخور وقمته الإنسان (لكن الكتاب المقدس بعد ذلك جعل منزلة الإنسان بعد الإله والملائكة). لم يكن أرسطو من المؤمنين بنظرية الخلق بمعنى أنه لم يصدق أن (الحياة ظهرت

فجأة) كما لم يكن تطورياً بمعنى أنه لم يفترض أن كل الأنواع نشأت من سلف مشترك. في الحقيقة، كان أرسطو أزلماً أي يعتقد أن كل شيء كان وما زال موجوداً منذ الأزل.

1977م

عرض كارل ووز Carl Woese
ثلاثة مجالات للحياة.

1928م

تعتبر تجربة غريفيث Griffith على
البكتيريا أحد الأمثلة على النقل
الأفقي للجينات.

1859م

دحض باستور Pasteur
التوالد العفوي للحياة من
المواد غير الحية.

كما اعتقد أن الحياة الجديدة نشأت من الكائنات غير الحية من خلال «التوالد العفوي» وهي فكرة استندت على الملاحظة مثل انبعاث اليرقات من اللحم. وأخيراً دحض العالم لويس باستور عام 1859 نظرية التوالد العفوي.

بقي السُّلم هو الاستعارة السائدة لأكثر من ألفيتين. في عام 1735 نشر عالم الطبيعة السويدي كارل لينوس Carl Linnaeus نظام الطبيعة وقد صنف فيه الكائنات باستخدام طريقة الأسماء الثنائية التي توضح الجنس والنوع مثل الجنس البشري (الهوموسابين *Homo sapiens*) وقد أسس هذا النظام مجال التصنيف الحديث وهو تصنيف الكائنات عن طريق صفاتها المشتركة. كما قسم لينوس الطبيعة إلى حيوانات ونباتات ومعادن. بعد ذلك بقرن في عام 1874 ظهرت أشجار الحياة؛ وتعرّف بشجرة البلوط الكبيرة (نسبة إلى شكلها) واحدة من أشهر الأمثلة على تطور الإنسان تلك التي رسمها عالم الأحياء الألماني إرنست هيكل Ernst Haeckel بالرغم من أن

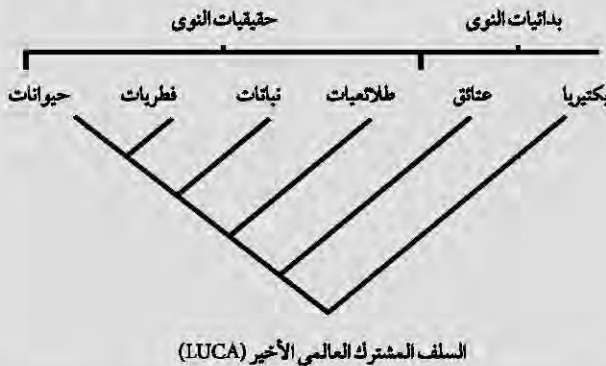
تلك الشجرة تُظل البشرية تحتها فما زالت تضمر سُلّم التطور.

شجرة الحياة

يضم كتاب «أصل الأنواع» تفسيراً واحداً وهو أن الشجرة تمثل النشوء والارتقاء (التطور). تأخذ الشجرة شكل حرف «V» بخطوط

شجرة المَحْتَدِ النشويّة

لم يتفق العلماء على شجرة واحدة للحياة. فقد صنفنا الكائنات إلى ست عمالك (فروع) وثلاثة مجالات (كبيرة) وإمبراطوريتين (بدائيات النوى وحقيقيات النوى). يعتبر السلف المشترك العالمي الأخير (LUCA) هو السلف المشترك الأحدث المؤسس للحياة الجارية على الأرض.



مستقيمة تمثل الأجيال عبر الزمن (النشوء) التي تنقسم إلى فروع (الارتقاء). إن الخطوط التي تمتد إلى المظلة تؤدي إلى مجموعات حية والباقي انقرض. لم تكن شجرة داروين مدونة بأنواع فعلية لكن علماء الطبيعة قاموا بعمل أشجار للتاريخ التطوري. فإذا تشاركت المجموعات نفس الصفات فإنك تخمن بأن لها سلفاً مشتركاً. على الرغم من أن هيكـل Haeckel قد مثل تطور الإنسان كسـلم على شجرة البلوط الكبيرة، فقد تحول مبكراً إلى التطور الدارويني وفي عام 1866 صور الحياة في ثلاثة فروع متوازية: نباتات وطلائعيات وحيوانات.

إذن، كيف يمكن أن تعيد بناء شجرة حياة العائلة؟ استخدم العلماء اليوم، منهجاً يسمى التصنيف التفرعي الحيوي، مؤداه أنه إذا تشاركت مجموعات في نفس الخصائص فقد تخمن أن لها سلفاً مشتركاً. لأنه كلما ازدادت السمات التي تشارك فيها الكائنات، تصبح أكثر قرباً. ويسمح التصنيف التفرعي الحيوي للعلماء ببناء شجرة المَحْتَدِ النشوئية phylogenetic tree أو شجرة تطور السلالات (أصل الأعراق). بالنسبة لأنواع الكائنات المنقرضة، فقد ظهرت الخصائص الملائمة فقط عن طريق تحاليل الحفريات. أما بالنسبة لأنواع الكائنات الحية، فالمعلومات الوراثية يمكن أن تُقارن بيقع الاختلافات. في منتصف سبعينيات القرن الماضي قام عالم الميكروبيولوجي الأمريكي كارل ووز بإنتاج الـ RNA من الريبوسومات وآليات صنع بروتين الخلايا. فقد لاحظ أن مجموعة واحدة من الميكروبات (مولدات الميثان) تقل فيها قطعة الـ RNA الموجودة في كل البكتيريا، موضحاً أنها مجموعة مميزة. عرض ووز أن الحياة تنقسم إلى ثلاثة أقسام «الممالك الجينية المكملـة urkingdoms» (الآن المجالات domains)، حقيقيات النوى (كائنات ذات نواة) ومجموعتين من بدائيات النوى وهما البكتيريا والعتائق.

لم يتفق العلماء على الشكل الذي لا بد أن تكون عليه شجرة المَحْتَدِ النشوئية العالمية، لكن قد اتسع نطاق قبولهم نظام المجالات الثلاثة حتى ولو تغير المستوى التصنيفي الذي يليه (الممالك).

تقوم بنية الشجرة على الخصائص المقارنة لكن لم يوافق الباحثون على أغلب ما يتعلق بها. حيث سبب التصنيف التفرعي الحيوي مشاكل لعلم التصنيف أيضًا فمثلًا في شجرة المَحْدِ النشويّة من المحتمل أن يكون النسل في فرع أو مجموعة أحادية النمط الخلوي من سلف مشترك دون كائنات أخرى. إن الفروع التي تتجاهل هذه القاعدة يطلق عليها شبه عرقية. فالزواحف مثلًا مجموعة شبه عرقية لأنها تستبعد الطيور، لكن على الرغم من كون الحيوانات ذوات الدم الحار والطيور تنحدران من الديناصورات إلا أنها زواحف. لذلك تعتبر الطيور من الزواحف.

شبكة الحياة

ينطوي النسل المشترك على الخصائص التي تُورّث من جيل إلى آخر عن طريق النقل الرأسي للجينات، لكن أحيانًا يستطيع الكائن أن يكتسب المادة الوراثية من المصادر إلى جانب أبويه وهو ما يسمى بنقل الجين الأفقي. استنادًا على التبادل اليسير للجينات ادعى عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي و. فورد دوليتل W Ford Doolittle عام 1999 أن تاريخ الحياة لا يمكن أن يُمثل كشجرة. حيث يعتبر نقل الجين الأفقي نادرًا نسبيًا في حقيقيات النوى متعددة الخلايا لكن تبدو الظاهرة مشتركة بين بدائيات النوى، فعلى سبيل المثال في عام 2008 أثبت عالم الأحياء الألماني تال داجن Tal Dagan أن في 181 نوعًا من بدائيات النوى أي أعلى من نسبة 80٪ من الجينات قد تطورت في النقل الأفقي. لذلك على الأقل في التاريخ التطوري تشبه بدائيات النوى الشبكة.

إذن، ألا يوجد أي شيء مثل شجرة الحياة؟ يعتمد ذلك على ما يمثله الفرع. فقد أدت رسومات داروين إلى «أشجار الأنواع» المستندة على التشريح لكن، الـDNA جعل علماء الأحياء المُحدّثين يؤسسون «أشجار الجينات». إذا كان هناك فرع يمثل جينومًا مورثًا عن طريق تطور رأسي، فإن تاريخ الحياة يمثل شجرة غير منتظمة الشكل بحيث يتكون الجذع

من (حقيقيات النوى والبكتيريا والعتائق) التي تندرج تحت القاعدة في أصل الحياة، بينما تتصل أغصان نقل الجين الأفقي بالفروع لتكون شبكة بين بدائيات النوى. وإذا كانت الخلايا الأولى أي شيء مثل بدائيات النوى فمن الممكن ألا يكون السلف المشترك العالمي الأخير نوعًا واحدًا إنما عشائر مختلفة من ميكروبات متبادلة الجينات.

الفكرة الرئيسة

التاريخ التطوري ليس دائمًا شجرة بسيطة