

النمط الظاهري

The phenotype

النمط الجيني هو توليفة المتغيرات الوراثية للفرد التي تحدد كل سمة بداية من الكيمياء الحيوية الخفية إلى حجم الجسم. أما الشكل المادي للنمط الجيني فهو النمط الظاهري الذي لا يعتبر يسيراً حتى يحدده الـDNA لكنه تفاعلات كيميائية بين الجينات والبيئة.

غالبًا ما تكون العلاقة بين الجينات والسمات الداخلية والخارجية الظاهرة مختصرة جدًا. نتحدث غالبًا باستفاضة عن الجين لسمة مثل لون العينين لكن في الحقيقة تتحدد أغلب السمات بجينات متعددة، لكل جين أيضًا نمط جيني أي مزيج بين المتغيرات أو الأليلات ويمكن أن تترث نسخًا معدلة مختلفة من أبويك. عادة ما تُعرقل العلاقة بين زوجي الأليل تعبير نسخة واحدة، لذلك لا يظهر تأثيرها في النمط الظاهري الناتج. لكن أيضًا لا بد أن يؤخذ تأثير البيئة في الاعتبار.

الخط الزمني

ثلاثينيات القرن العشرين

امتزج الانتخاب الدارويني بالوراثة المندلية في «التركيب التطوري الحديث».

1865م

اكتشف مندل من نبات البازلاء العلاقة بين النمط الجيني والنمط الظاهري.

1859م

وصف داروين الانتخاب الطبيعي على التغير الفردي في كتابه: أصل الأنواع.

التغير الفردي

لا يستطيع الانتخاب الطبيعي أن يرى النمط الجيني، إنما تأثيره فقط على النمط الظاهري. في عام 1859، أطلق داروين على التنوع في النمط الظاهري داخل المجموعات (العشائر) اسم «قابلية التغير الفردي» وفي ثلاثينيات القرن الماضي، امتزجت نظرية الانتخاب الطبيعي مع علم الوراثة المنديلي في «التركيب التطوري الحديث». ويمكن بعد ذلك أن تُدرس الأنماط الظاهرية المختلفة عن طريق الأنماط الجينية المتنوعة أو «تعدد الأشكال» الوراثية. في 1963، قال عالم الأحياء إرنست ماير إن المجموعات (العشائر) تحتوي على أنماط ظاهرية متعددة، بالرغم من عدم وجود تفاوت بين نتائج الاختلافات الوراثية. وقد أطلق ماير على هذا التغير «تعدد الأشكال».

«تقع بين النمط الجيني والنمط الظاهري وما يربطهما ببعض عمليات تطورية معقدة».

كونراد هال وادينجتون
Conrad Hal Waddington

ينتج تعدد الأشكال عن عوامل بيئية. تُمثل مساهمة الجينات بالرمز (G) والبيئة بالرمز (E) في معادلة بسيطة لحساب المتغير (V) في نمط ظاهري معطى (P) داخل العشيرة:

$$V_P = V_G + V_E + V_{G \times E}$$

لسمة مثل لون بذرة نبات البازلاء كالتي درسها مندل، يعتمد النمط الظاهري في الأغلب على المتغير (V_E). فإذا لعبت البيئة (V_E) دورًا في التغير، تحصل على تعدد شكلي. أما إذا كان هناك تفاعل جيني بيئي قوي ($V_{G \times E}$)، فيحدث العديد من الأنماط الظاهرية.

الألفية الثالثة

1963م

1942م

تقدم لدونة النمط الظاهري وعلم التخلق «التركيب التطوري الممتد».

استحدث ماير مصطلح تعدد الأشكال لأنماط ظاهرية متعددة من نمط جيني أحادي.

ناقش وادينجتون دور علم التخلق والنمط الظاهري في تطور الحيوان.

الأنماط الظاهرية المرنة

تقولب البيئة بسهولة سمات معينة، ولذلك يعتبر النمط الظاهري مرناً لأن النمط الجيني الخاص به يتفاعل مع مجموعة من الظروف الخارجية. حيث يتحدد الجنس في بعض الأنواع عن طريق ما يحيط به. على سبيل المثال، بالنسبة للزواحف مثل التماسيح والسلاحف، تعتبر الحرارة محدداً بيئياً للجنس، ويغير التكيف ويبدل نسب الجنس لتحسين فرص التزاوج. يمكن للدونة كسمة أن تتحول لتماشى مع التغيرات البيئية التي يمكن التنبؤ بها، كما هو الحال في فراشة الأجمة البنية المحدقة الإفريقية *Bicyclus Anynana* التي تدور بين نمطين من الأنماط الظاهرية بالتناوب عبر الأجيال لذلك تتكيف الفراشات البالغة سواء في موسم الأمطار أو الجفاف. أما في البيئة التي لا يمكن التنبؤ بها، تساعد الدونة كسمة الكائنات على استغلال الموارد المتاحة، مثل العلجوم الحفار المكسيكي أحد أنواع الضفادع الصغيرة الذي لديه نمطان من الأنماط الظاهرية بفكين وأجهزة هضمية وتفضيلات غذائية مختلفة.

تعتبر لدونة النمط الظاهري للفرد هي المحدد الأكثر شيوعاً أثناء النمو وغالباً ما يتأثر بالعشيرة. فمثلاً في عالم الحشرات مثل النحل والنمل الأبيض نجد كلاً من الشغالات والملكات تؤدي أدواراً مختلفة ويتعين دور كل منها وفقاً لتغذيته في طور اليرقة. وتفرض لدونة النمط الظاهري مصير الأفراد عبر عدة أجيال، كما يتضح في الجراد الصحراوي *Schistocerca gregaria* حيث نجد لدى الجراد البالغ منه نمطين ظاهريين أحدهما منعزل مستوطن قصير الأجنحة والآخر سربي مهاجر طويلة الأجنحة. ويعتبر التزاوج بين الحشرات الصغيرة هو الملمح الأساسي لاتباع مسار النمط الظاهري، فالتكرار الذي يمس أقدام الطيور الخلفية له علاقة بالتحكم في الهرمونات التي تحفز تغير المظهر في واحد من النمطين الظاهريين. وتشكل الطيور المهاجرة الاستمرارية لعدة أجيال بعد تغير فرك القدمين الأساسي من خلال ملمح آخر أي

الكيمياء في الرغاوي التي تحيط بالبيض. وإذا كان هذا لا يغير من الـDNA، إذن يورث النمط الظاهري من خلال علم التخلق.

يمكن أن تكون لدونة النمط الظاهري مفيدة لحياة الفرد من ناحية التكيف الفسيولوجي. على سبيل المثال، ينمو فراء الثدييات سميكًا في الشتاء وتساعد المنة التكيفية على تجنب

النمط الظاهري الممتد

عادة ما يُفسر ويرجم المظهر المادي للجين على أنه الصفات الحيوية. لكن يعتقد ريتشارد دوكينز Richard Dawkins مؤلف كتاب «الجين الأناني» أن النمط الظاهري يمكن أن يُطبق أيضًا على سمة أبعد من جسم الكائنات في بيئتها. سرد دوكينز في كتابه «النمط الظاهري الممتد» عام 1982 أن قدرة الطيور على بناء أعشاشها أو قدرة القنادس على بناء السدود تتحدد عن طريق الجينات (لنقل مثلًا جين المهارة) فتصنع هذه الأنماط الظاهرية تأثيرات على لياقة الفرد والانتخاب الطبيعي. بالضبط مثل انتخاب بقاء الأصلح من بين أفضل الجينات خلال تأثيرها على السمات الحيوية مثل الجمال أو القوة، فمن المرجح أن يبقى القندس صاحب جينات بناء السدود الجيدة. ويمكن أيضًا أن تمتد الأنماط الظاهرية إلى كائنات أخرى، إذن فالجينات التي تمكن الطفيل أن يغير سلوك عائلته لذلك يكون انتشاره مفضلًا عن طريق الانتخاب. مثل وجهة نظر الجين المتمركز للتطور أو «الجين الأناني» لا يعتبر «النمط الظاهري الممتد» نظرية إنها طريقة للنظر في الحياة من منظور معين. بينما كان كتاب الجين الأناني ييسر العمل للعلماء الآخرين، راح دوكينز يضع إسهامًا في علم الأحياء التطوري من خلال مفهوم النمط الظاهري الممتد.

إعادة الإصابة بالمرضات. ويتكيف متسلقو الجبال على المناخ الخفيف من خلال التأقلم حيث تتغير خلايا الدم الحمراء لتحمل مزيدًا من الأكسجين. كما تشكل الروابط المرنة بين العصبونات (الخلايا العصبية) - اللدونة المشبكية - الأساس وراء التعلم والذاكرة والتكيف السلوكي.

البيئة والتطور

في عام 1896، طرح عالم النفس الأمريكي جيمس بالدوين James Baldwin أن قدرة الإنسان على تعلم سلوكيات جديدة تؤدي إلى الأنماط الظاهرية

الأكثر حساسية من غيرها بالنسبة للعوامل البيئية وهو ما يعرف باسم «ظاهرة بالدوين». ثم في عام 1942، افترض عالم الأحياء البريطاني كونراد هال وادينجتون أن الحساسية يمكن أن تُخزن خلال عملية «الاستقناء - canalization» وهي عملية انتقال السمات الحيوية في مقابل التأثير البيئي أثناء النمو. كما أشار وادينجتون أيضًا إلى أن التأثير العكسي يسمح للعوامل البيئية بأن تؤثر على الصفات المتوارثة أو ما قبل المتوارثة.

كيف تتطور لدونة النمط الظاهري؟ تتضمن نظرية واحدة وهي التكيف الجيني؛ ومؤداها أنه بمرور الوقت ينضبط النمط الجيني ليتكيف مع التغيرات البيئية، ويعزز أو يضعف سيطرته على النمط الظاهري. وخلال الطفرة الجينية أو الحساسية تجاه التغيرات البيئية يُخلق نمط ظاهري جديد، وبمجرد أن يُدرك الانتخاب الطبيعي تأثير النمط الجيني المضمر، يتعرض إلى بقاء الأصحح، فمثلاً إذا كان النمط الظاهري يحسن من لياقة الفرد، تنتشر تلك الجينات في العشيرة.

التركيب الممتد

وفقاً «للتركيب التطوري الحديث» تفرض البيئة المشكلات على الكائنات وتوفر الجينات حلولاً للتكيف. ببساطة مثل: الاقتراحات البيئية والتدابير الوراثية. ويتزايد عدد العلماء الذين ناقشوا فكرة أنه مثلما تُضاف الوراثة إلى الانتخاب الطبيعي لتنتج التركيب الحديث، تتضمن أيضاً النظرية المركزية لعلم الأحياء التفاعلات بين الجينات والبيئة - ظاهرة ما قبل الجينات ولدونة النمط الظاهري - لخلق التركيب التطوري الحديث.

لقد ذاع صيت هذه الفكرة في بعض الكتب رفيعة المستوى، لكن لم يتفق كل العلماء على أن نظرية التطور تحتاج إلى تحديث. فقد أثبتت حجة مضادة مؤداها أن الطفرات الجينية تخلق أغلب التغيرات بين الأفراد وأن النمط الظاهري هو النتاج الأخير للنمط الجيني الذي يحفز

الجينات على التطور. وعلى الجانب الآخر، لا يدرك الانتخاب الطبيعي الأنماط الجينية بشكل مباشر، إنما تأثيرها فقط على الأنماط الظاهرية لذلك، يمكنك القول إن الجينات تُسحب بطول الطريق. والسؤال هنا: هل تعتبر الجينات ممثل القيادة أم التبعية في عملية التطور؟ مثل الطبع في مقابل التطبع، ربما لا يتعارض الخياران.

الفكرة الرئيسة

تحدد كل من الجينات والبيئة السمات المادية