كيف يحدث النشوء والارتقاء؟

אבולוציה איך זה קורה?

מרכז מורים ארצי במקצוע הביולוגיה, הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 9/7.2013 עבור האגף
לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך
במימון מינהלת מל"מ – המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט

צוות פיתוח וכתיבה: גלית חגי

חן צור

ד"ר סמדר רייספלד

ד"ר לולי שטרן

תרגום לערבית: אפנאן גאבר

طاقم التطوير والكتابة : جاليت حاجاي

حن تسور

د. سمدار ريسفلد

د. لولي شطرن

الترجمة إلى العربية: أفنان جابر

محتويات الكتاب

الفصل الأول: كيف استطال عنق الزرافة؟.....4

الفصل الثاني: هل جميع الضفادع متشابهة؟ 12

الفصل الثالث: كيف استطال عنق الزرافة على مرّ الزمن؟
آلية الانتخاب الطبيعيّ 22
الفصل الرابع: هل نستطيع أن نرى انتخاب طبيعيّ في الواقع؟.....29

الفصل الخامس: كيف ينتج التباين؟ 39

الفصل السادس: هل يمكن أن تتراكم التغيّرات؟ 52

الفصل السابع: هل يمكن استرجاع الماضي؟ 59

الفصل الثامن: كيف تنتج أنواع جديدة؟ 67

انقراض كائنات حيّة خلال عمليّة النشوء والارتقاء 74

الفصل الأول: كيف استطال عنق الزرافة؟

تنمو شجرة السيكويا (Sequoia) في الشاطئ الغربي، في الولايات المتحدة.

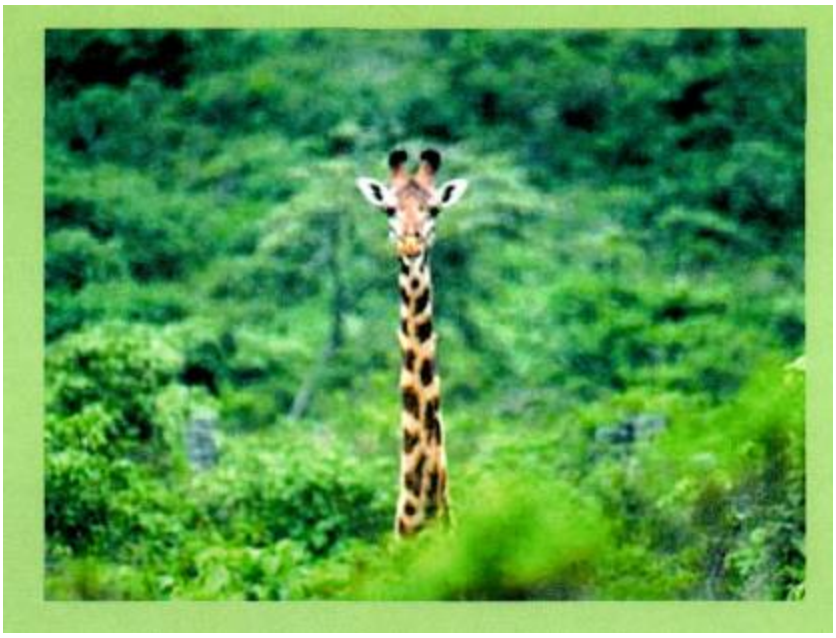
يمكن أن يبلغ وزن شجرة السيكويا أكثر من 2000 طن، ويمكن أن يبلغ ارتفاعها أكثر من 100 متر (كارتفاع بناية مكونة من 30 طابقًا). في متنزه السيكويا في الولايات المتحدة تمّ بناء شارع يمرّ عبر جذوع الأشجار.

تستطيع هذه الأشجار العملاقة أن تعيش أكثر من 3000 سنة. يعيش على هذه الشجرة السنجاب وأنواع كثيرة من الحشرات والطيور. نتخيل يرقة فراشة تعيش على هذه الشجرة وتتغذى منها. تعيش اليرقة عدّة أيام فقط. لو استطعنا أن نقول لليرقة أنّ هذه الشجرة التي تعيش عليها كانت بذرة، واستمرّت بالنمو والتطوّر سنوات كثيرة حتّى وصلت الوضع الحالي، لفكرت أنّ هذه الفكرة سخيفة جدًّا وغير ممكنة. من وجهة نظرها الشجرة هي شيء ثابت، والتغيّرات الوحيدة التي تحدُث فيها هي حركة الغصون الّتي تهزها الرياح أو تساقط الأوراق بشكل عشوائيّ. بالإضافة إلى ذلك، لا تتغيّر الشجرة تقريبًا طوال حياة اليرقة. لكن التغيّرات الّتي شعرت بها اليرقة من مجمل التغيّرات الّتي تمرّ بها الشجرة، خلال حياتها، قليلة جدًّا. لو عاشت اليرقة فترة زمنيّة طويلة، ورافقت دورة نمو الشجرة لشعرت بتغيّرات كبيرة جدًّا، مثل: تطوّر البادرة إلى نبتة حديثة السن، وبعد ذلك إلى شجرة، ظهور أكواز، نضوجها وغير ذلك.

كما هو الأمر مع الفراشة، يعيش الإنسان فترة زمنيّة قصيرة نسبيًّا مقارنة بوجود الكرة الأرضيّة والكائنات الحيّة الّتي تعيش فيها. عندما نشاهد عشائر كائنات حيّة فإنّ التغيّرات الّتي نشاهدها فيها خلال حياتها تكون صغيرة جدًّا مقارنة بالتغيّرات الّتي مرّت بها خلال ملايين السنين. الحصون الّتي نراها اليوم ليست الحصون الّتي كانت في الماضي، يدّعي العلماء أنّ الحصون الّتي نراها اليوم تختلف بشكل كبير جدًّا عن أجداد أجدادها، وقد كانت أرجلها قصيرة جدًّا. لو عشنا ملايين السنين لاستطعنا أن نرى التغيير الّذي تمّ عند أجيال كثيرة من الحصون.

يتناول هذا الكتاب التغيّرات الّتي تحدُث خلال أجيال كثيرة، تغيّرات تحدُث في العشائر وليست التغيّرات الّتي يمرّ بها الفرد الواحد. هذه العمليّات بطيئة جدًّا لدرجة أنّ المشاهد لا يستطيع أن يميّزها خلال الفترة الزمنيّة الّتي يعيشها.

يمكن أن نتعلّم من الدلائل الّتي نجمعها من المتحجرات كيف كانت تبدو الكائنات الحيّة الّتي عاشت على الكرة الأرضيّة، في الفترات السابقة. مثلًا: اتضح أنّ الزرافة الّتي عاشت في الماضي كان لها عنق قصير مقارنة بالزرافة الّتي تعيش اليوم.



كيف استطال، حسب رأيكم، عنق الزرافة؟ حاولوا أن تعبّروا عن آراءكم حول مراحل عمليّة استطالة عنق الزرافة.

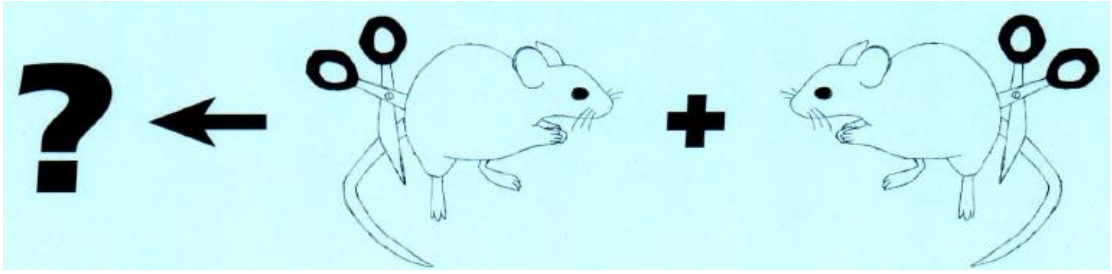
هل تنتقل الصفات المكتسبة بالوراثة؟

أراد العالم الألماني، أوجوست فايسمان (1834-1914)، أن يفحص هل تنتقل الصفات الّتي تكتسبها الكائنات الحيّة، خلال حياتها، إلى نسلها بالوراثة؟ أجرى التجربة التالية: أخذ مجموعة من فئران البيت، قطع أذنابها وأتاح لها أن تتكاثر فيما بينها. بعد ذلك قطع أذناب النسل وأتاح لها أن تتكاثر فيما بينها أيضًا، وهكذا استمرّ في التجربة خلال 60 جيل. عندما نفّذ هذه التجربة كانت الحيوانات في الأسر.

المدّة الزمنيّة للجيل هي الفترة الزمنيّة الّتي تمرّ منذ ولادة الفرد وحتّى بداية انجابه نسل جديد. المدّة الزمنية للجيل الواحد عند الإنسان 25 سنة. المدّة الزمنية للجيل الواحد عند الفئران شهران.

- هل المدّة الزمنيّة للجيل الواحد عند الناس الّذين تعرفونهم متساوية؟
- هل المدّة الزمنية للجيل الواحد عند جميع الحضارات البشريّة متساوية؟
- هل طرأ، حسب رأيكم، تغيير في المدّة الزمنيّة للجيل الواحد خلال وجود البشريّة؟ (قارنوا بين الإنسان القديم والإنسان العصري).
- ما هي أفضليات تنفيذ التجربة على الفئران، حسب رأيكم؟

تجربة فايسمان



جيل الوالدان **جيل النسل**

- كيف كانت تبدو، حسب رأيكم، أذناب النسل بعد مرور جيل واحد على قطع أذناب الوالدين؟
اختاروا إمكانيّة واحدة من بين الإمكانيّات التالية، وعلّلوا.
تشبه طول الأذناب الأصليّة للوالدين
أقصر بقليل من طول الأذناب الأصليّة للوالدين
أقصر بكثير من طول الأذناب الأصليّة للوالدين
وُلد النسل دون ذنب
- كيف كانت تبدو، حسب رأيكم، أذناب النسل بعد مرور 60 جيل على قطع أذناب الوالدين؟
اختاروا إمكانيّة واحدة من بين الإمكانيّات التالية، وعلّلوا.
تشبه طول الأذناب الأصليّة للوالدين
أقصر بقليل من طول الأذناب الأصليّة للوالدين
أقصر بكثير من طول الأذناب الأصليّة للوالدين
وُلد النسل دون ذنب

قطع فايسمان أذناب الفئران خلال 60 جيل. لو استمرّ في قطع أذناب الفئران لمدّة 200 جيل، كيف كانت تبدو، حسب رأيكم، أذناب النسل في نهاية التجربة؟
اختاروا إمكانيّة واحدة من بين الإمكانيّات التالية، وعلّلوا.
تشبه طول الأذناب الأصليّة للوالدين
أقصر بقليل من طول الأذناب الأصليّة للوالدين
أقصر بكثير من طول الأذناب الأصليّة للوالدين
وُلد النسل دون ذنب
لم يستمرّ فايسمان في تنفيذ التجربة لمدّة 200 جيل، لكننا نستطيع أن ننظر إلى عادات وتقاليد الإنسان الّتي ينفّذها خلال أجيال كثيرة، مثلًا: ينفّذ اليهود الطهور أو ختان الذكور منذ 200 جيل، وقد نفّذ العرب ختان الذكور قبل ظهور الإسلام وهنالك بعض الطوائف المسيحيّة الّتي تنفّذ عمليّة ختان الذكور.

- أمامكم صور تعرض عادات وتقاليد أخرى. حاولوا أن تفكروا، هل الصفات الّتي يغيرها الإنسان بشكل مقصود تظهر عند النسل أيضًا؟

بنات من قبائل معيّنة في تايلند ترتدي حلقات معدنيّة كثيرة حول عنقها، وتؤدّي هذه الحلقات إلى استطالة العنق. هذه العادة موجودة خلال أجيال كثيرة.

يثقب أبناء قبيلة الماساي، في كينيا، آذانهم خلال أجيال كثيرة، ويرتدون حلق ثقيل يؤدّي إلى استطالة شحمة الأذن.

يقطع أصحاب كلاب تنتمي إلى سلالة معينة أذنابها. هذه العادة موجودة منذ عشرات السنين أيضًا.

يصممون، في حدائق مختلفة، الأشجار والجنبات (الشجيرات) بواسطة التقليم والقص المتكرّر والمتغيّر.

- هل يظهر، حسب رأيكم، التغيير في كلّ مثال عند النسل أيضًا؟

فكّروا في العنق الطويل، في استطالة شحمة الأذن، في الذنب المقصوص، في شكل الجنبات (الشجيرات) المصممة وفي ختان (طهور) الذكور. اشرحوا تحديدكم.

- أعطوا أمثلة إضافيّة لصفات تكتسبها الكائنات الحيّة أو تفقدها خلال حياتها، وقرّروا هل تنتقل بالوراثة إلى النسل؟ أعطوا أمثلة من النباتات، الإنسان والحيوان.

نعود إلى سؤال استطالة عنق الزرافة.

- نفترض أنّ زرافة معيّنة مدّت عنقها واستطال بسنتمتر واحد.

هل يكون عنق نسلها أطول بسنتمتر واحد؟

لماذا تنتقل صفات معيّنة من جيل إلى آخر وصفات أخرى لا تنتقل؟

أنتم تعرفون بالتأكيد صفات تنتقل من جيل إلى آخر. مثلًا: عند الإنسان - وجود غمازات في الذقن أو نوع الدم، عند البكتيريا – قدرتها على تحليل سكر معيّن، عند الأزهار – لون أوراق التويج.

- فكّروا في صفات أخرى من عالم الحيوان، الإنسان والنبات تنتقل من جيل إلى آخر.
- ما الّذي يُتيح لهذه الصفات الانتقال بالوراثة؟
- ما الفرق بين الصفات الّتي ذكرناها (مثل: الذنب القصير، آذان مثقبة، أو جنبات (شجيرات) مقلمة) والصفات الّتي تنتقل بالوراثة؟

كيف نعرف أيّ صفات تنتقل بالوراثة؟

عندما تكون صفة معيّنة شائعة عند أبناء عائلات معيّنة، أو أقلّ شيوعًا عند أبناء عائلات أخرى، نشك بأنّ هذه الصفة وراثيّة. تعرفون بالتأكيد عائلات متفوقة في الرياضة، متفوقة في المحاماة، عيونهم زرقاء، يتكلمون اللغة الفرنسيّة، مرضى بمرض السكري، سريعو الاهتياج أو كرماء. تظهر هذه الصفات، أحيانًا، خلال عدّة أجيال.

- هل الصفة الّتي تظهر عند الكثير من أبناء العائلة نفسها، خلال عدّة أجيال، هي صفة وراثيّة؟ علّلوا اختياركم.

تنتقل الصفات الوراثية من الوالدين إلى النسل، ويتمّ تحديدها بواسطة المادّة الوراثية DNA.
يشكّل الـ DNA قائمة تعليمات لتطوّر الكائن الحيّ وبقائه. عند الإنسان، على سبيل المثال، صفة شكل الأنف موجودة في الـ DNA، لذا تنتقل من الوالدين إلى النسل. أما تصميم الأنف بواسطة عمليّة تجميل لا يغيّر الـ DNA، لذا لا ينتقل شكل الأنف الجديد إلى النسل. يورث الوالدان للنسل الـ DNA وليس الصفات ذاتها (في هذه الحالة الأنف ذاته). يتمّ فحص صفة معيّنة ما إذا كانت صفة وراثيّة بواسطة تجارب وراثيّة، مثل: التهجين أو تمييز الجينات (مقاطع من الـ DNA) الّتي تشترك في تحديدها.
هذه العمليّة طويلة ومعقدة، لذا في حالات كثيرة لا يعرف العلماء ما إذا كانت صفة معيّنة وراثيّة.
من الجدير بالذكر أن صفات وراثيّة كثيرة تُحدد بواسطة الـ DNA وبواسطة عوامل بيئية محيطة. مثلًا: القدرة على تعلّم لغة هي صفة وراثية ومشتركة لجميع بنو البشر، لكن اكتساب لغة معيّنة (مثلًا: اللغة العربيّة) يتمّ نتيجة للعيش في بيئة محيطة معيّنة يتكلمون فيها اللغة العربية.
مثال إضافيّ: عند عائلات كثيرة تعاني من سرطان الرئتين وُجدت تغيّرات معيّنة في الـ DNA،
وُجد أيضًا أنّ هذه التغيّرات مرتبطة بظهور المرض. لكن أُثبت أنّ التدخين (عامل في البيئة المحيطة) له تأثير واضح على حدوث هذا المرض.
تكراريّة سرطان الثدي عند النساء في اليابان قليلة جدًّا مقارنة بالنساء الّتي تعيش في الولايات المتّحدة.
اكتُشفت، في سنوات التسعينيات، مقاطع DNA تشترك في ظهور سرطان الثدي عند النساء. عندما تابعوا مجموعة سكانيّة يابانية هاجرت إلى الولايات المتّحدة (وتزاوج أعضاء المجموعة فيما بينهم)، وُجد على مرّ الأجيال ارتفاع بتكراريّة سرطان الثدي عند النساء اليابانيات، وفي الجيل الثالث أصبحت تكراريّة ظهور السرطان عندهنّ مساوٍ لجميع النساء الّتي تعيش في الولايات المتّحدة.

ماذا يمكنكم القول عن العوامل الّتي تؤدّي إلى ظهور مرض سرطان الثدي؟

كيف تظهر الصفات الوراثيّة؟

تظهر الصفات الوراثية في مستويات وبطرق مختلفة:
√ في المظهر الخارجيّ (مثلًا: لون العين، شكل الأوراق، شكل أُذن الكلب).
√ في المبنى الداخليّ (مثلًا: مبنى القلب في السمكة، وجود فراغات هوائيّة في الساق).
√ في المميّزات البيوكيميائيّة (مثلًا: نوع الدم، مستوى السكر في الدم، قدرة صمود البكتيريا للمضادات الحيويّة، وجود إنزيمات مسؤولة عن إنتاج السُّم في الأفاعي).
√ في السلوك (طريقة الغزل عند الحشرات، بناء شبكة الصيد عند العنكبوت).

- هل تظهر كلّ صفة وراثية منذ لحظة الولادة؟
- هل نعرف كلّ صفة وراثية مكتسبة، بعد مرور مدّة زمنيّة معيّنة، بعد الولادة فقط؟

أسئلة للتلخيص

1. عماد وزياد توأم متماثل (هذا يعني أنّهما يملكان شحنة وراثية متماثلة)، عُمر كلّ واحد منهما 42 سنة. عماد محاسب ويعمل في المكتب، أمّا زياد يعمل في السنوات العشر الأخيرة منقذ في بركة سباحة. قبل حوالي سنتين أُصيب زياد بمرض سرطان الجلد.
   لمن يوجد احتمال أكبر، حسب رأيكم، للإصابة بسرطان الجلد:
   أ. أولاد زياد.
   ب. أولاد عماد.
   ت. أولاد اثناهما بالمقدار نفسه.
   ث. لا يمكن تحديد ذلك.

   اشرحوا تحديدكم.

   ماذا تكون إجاباتكم لو عرفتم أنّ أولاد زياد وُلدوا قبل أن يُصاب زياد بسرطان الجلد؟

   ماذا تكون إجاباتكم لو عرفتم أنّ أولاد زياد وُلدوا بعد أن أُصيب زياد بسرطان الجلد؟

2. يتمرّن يوسف على رفع الأثقال منذ عشر سنوات. طوّر عضلاته وكان أحد المتنافسين في مسابقة "بطل إسرائيل". تعرّف في غرفة اللياقة البدنية على زوجته صفية (حازت على لقب "بطلة إسرائيل" سنتين متتاليتين). وُلد لهما طفل.

   كيف تبدو، حسب رأيكم، عضلات طفلهما – عضلات متطوّرة أم عضلات عاديّة؟

   عُمر الطفل اليوم ثلاث سنوات. بعد ولادته لم يتمرّن الوالدان، عضلاتهما غير متطورة كما كانت في الماضي، وظَهَر كرش صغير (سُمنة في البطن) لدى يوسف.

   ينتظر الاثنان ولادة طفل جديد. كيف يبدو، حسب رأيكم، الطفل الجديد؟ هل ستكون عضلاته متطوّرة أم عاديّة؟

   قارنوا بين إجاباتكم واشرحوها.

تلخيص

ركّزنا في هذا الفصل على أنّ صفات معيّنة تنتقل بالوراثة وأخرى لا تنتقل بالوراثة. يتمّ تحديد الصفات الوراثية بواسطة الـ DNA، وهي تؤثر على الكائنات الحيّة في مستويات مختلفة (مثلًا: في مستوى الخلية، العضو أو النسيج). طول عنق الزرافة هو صفة وراثية يتمّ تحديدها بواسطة الـ DNA كما هو الأمر مع صفات أخرى مرتبطة بمبنى الجسم. أما العنق الّذي استطال نتيجة لشده (إذا كان هذا الأمر ممكنًا)، فإنّه لا يغيّر الـ DNA، لذا لا ينتقل بالوراثة. نساء القبائل الّتي يستطيل عنقها بمساعدة الحلقات لا تغيّر مادّتها الوراثية، لذا فهي تنقل لنسلها طول العنق الأصليّ.

على الرغم من ذلك، نعرف أنّ عنق أجداد الزرافة كان أقصر من عنق الزرافة التي تعيش اليوم. ما الذي أدى إلى استطالة عنق الزرافة؟

نتقدّم في الفصول القادمة بالاكتشاف والشرح.

خريطة التعلّم:

نتعرّف خلال الكتاب على عدّة أفكار مرتبطة ببعضها. نذكر في نهاية كلّ فصل الأفكار المركزية الّتي وردت فيه، ونبني تدريجيًّا خريطة مصطلحات تدمج بين الأفكار المركزية والأفكار الّتي تعلّمناها في الفصول السابقة. تعلّمنا في هذا الفصل الفكرة التالية:

الفصل الأوّل

صفات معيّنة تنتقل بالوراثة وصفات أخرى لا تنتقل بالوراثة. تظهر هذه الصفات في المستوى الجزيئي وفي مستوى الكائن الحيّ الكامل.

مصطلحات تعلّمناها في هذا الفصل:

عشيرة

صفات وراثية

صفات غير وراثية

الفصل الثاني: هل جميع الضفادع متشابهة؟

إذا تمعّنا في مجموعة عصافير الدوري، نجد لكلّ واحد منها عينين، أربعة أصابع في الرِجل، جناحين وريش لونه رماديّ. إذا تمعّنا في حقل تغطيه نبتة الخشخاش، نرى أوراق تويج حمراء لدى جميعها وأوراق خضراء مفصصه. ظاهريًا، جميع أفراد الدوري متماثلة وكذلك جميع أفراد نبتة الخشخاش متماثلة. لكن إذا تمعّنا جيّدًا، نميّز في كلّ مجموعة فروق صغيرة بين النسل.

جدوا الفروق

أمامكم كومة من الفول السوداني (فستق) مع قشرته.

1. اعملوا بأزواج واقترحوا أربع صفات مشتركة لجميع قرون الفول.
2. اقترحوا أربع صفات يختلف فيها النسل.
3. أ. اختاروا عشرة قرون من الكومة بطريقة عشوائيّة، قدر الإمكان.
   ب. قيسوا طول القرون. سجّلوا النتائج في جدول.
   ت. افتحوا القرون وعدّوا البذور في كلّ قرن.
   ابنوا جدولًا وسجّلوا فيه النتائج في المكان المناسب.
   مثال:

رقم قرن الفول	طول القرن	عدد البذور في كلّ قرن
1	2.9 سم	3
2	2.7 سم	2
3		
4		

ث. ابنوا جدولًا يصف توزيع طول القرون (توزيع التكراريّة). مثال:

ج.

مدى طول القرون (بالسم)	عدد القرون
2.1 – 2.5	1
2.6 -3.0	4

ح. ارسموا رسمًا بيانيًّا مكوّن من أعمدة يمثّل تكراريّة القرون في كلّ مدى (طول القرون كدالّة لعدد القرون في كلّ مدى).

خ. نفّذوا البندين ث-ج على توزيع عدد البذور في كلّ قرن.

د. جمّعوا النتائج الصفيّة في جدول (نفّذوا البنود ث – ح حسب معطيات جميع التلاميذ).

أسئلة للنقاش

1. ماذا يمكن أن نتعلّم من الرسم البيانيّ الّذي يعرض التكراريّة؟
2. ماذا يمكنكم القول عن أشكال الرسوم البيانيّة الّتي حصلتم عليها عندما عملتم بأزواج؟ قارنوها بالرسوم البيانيّة الّتي نتجت من النتائج الصفيّة. بماذا تتشابه وبماذا تختلف؟
3. أيّ رسم بيانيّ تحصلون عليه، حسب رأيكم، لو كانت معكم معطيات لمائة صفّ؟

الرسوم البيانيّة الّتي رسمتموها تعرض التباين بين مجموعات الفول السوداني.
التباين هو مقياس يصف مدى الاختلاف بين الأفراد في المجموعة.

4. قارنوا بين الرسم البيانيّ الّذي يتطرّق إلى طول القرن والرسم البيانيّ الّذي يتطرّق إلى عدد البذور. في أيّ حالة التباين بين الأفراد أكبر؟
5. ما الفرق بين القيم الناتجة في قياس طول القرن والقيم الناتجة في عدّ البذور؟
6. هل وجدتم، في نتائج الصفّ، قرنين من الفول متماثلين بالطول وبعدد البذور؟
هل يمكن، حسب رأيكم، إيجاد قرنين متماثلين، من الفول، في جميع الصفات؟ لماذا؟

أمامكم جدول يعرض عدد المواليد الّذين وُلدوا في المركز الطبيّ "كرمل" في حيفا، في السنتين 2001 وَ 2002، حسب الوزن عند الولادة.

الوزن (بالغرامات)	السنة 2001	السنة 2002
< 1000	18	21
1000-1500	21	23
1500-2000	60	49
2000-2500	154	120
2500-3000	488	463
3000-3500	944	974
3500-4000	590	580
4000-4500	128	125
< 45500	14	12

أُخذت هذه المعطيات بموافقة المسؤولين عن غرفة الولادة، في المركز الطبي كرمل، حيفا

- تمعّنوا في معطيات سنة 2001. ماذا يمكنكم القول عن توزيع المعطيات؟
- هل توزيع المعطيات في سنة 2002 يشبه توزيع المعطيات في سنة 2001؟
- قارنوا بين معطيات وزن الأطفال والمعطيات الّتي جمعتموها في فعّاليّة الفول السوداني. ما المشترك بينهما؟

في كلّ عشيرة، على الرغم من أن الأفراد تبدو متماثلة، إلّا أنّ هنالك تباين فيما بينها. مثلًا: يمكن أن نلاحظ تباينًا بين أفراد عشيرة الحلزونات في ألوان القوقعة واتّجاه التواءها. هنالك نماذج بُقع مختلفة على فروة كلاب الدلماطي ، تختلف نباتات الحماض البري عن بعضها في ألوان أوراق التويج.

التباين موجود في الصفات المتواصلة (طول قرن الفول السوداني، طول الإنسان، عرض أوراق نبتة الموز وغير ذلك) والصفات المنفردة (أنواع الدم، اتّجاه التواء القوقعة وعدد البذور في قرن الفول السوداني).

- بماذا يمكن أن يظهر، حسب رأيكم، التباين في العشائر المعروضة في الصور التالية؟

يمكن أن يظهر التباين في صفات كثيرة، ليس بالضرورة في الصفات الّتي تؤثّر على الشكل الخارجيّ، مثلًا: هنالك تباين في مبنى الأعضاء الداخليّة، في المميّزات البيوكيميائيّة مختلفة، في السلوك وغير ذلك.

أحيانًا، من الأسهل أن نميّز بين الأفراد بمساعدة هذه الفروق. أمّا البكتيريا، على سبيل المثال، فمن الصعب أن نميّز بينها بواسطة الفروق في الشكل (على الرغم من أنّها موجودة)، فيمكن أن تكون مختلفة عن بعضها في قدرة إنتاج إنزيم معيّن، ويمكننا أن نميّز بينها حسب هذا التباين.

يستصعب الغربيون، عادةً، في التمييز بين الأشخاص الآسيويون أو بين الأشخاص الأفريقيين إذا لم يعيشوا بجوارهم. والعكس صحيح أيضًا. يستصعب الآسيويون والأفريقيين في التمييز بين الأشخاص الغربيون. من الواضح أنّ الصعوبة مرتبطة بالعادات وليس بعدم وجود تباين بين العشائر.

ما معنى التباين في العشيرة؟

تنموّ شجرة الصفصاف في حدائق الزينة. تختلف أشجار الصفصاف عن بعضها في مرونة أغصانها. تخيلوا منطقتين تعيش فيهما أشجار الصفصاف. إحداهما تسودها عواصف وهبوب رياح قوية، أمّا المنطقة الثانية فهي محمية بالتلال. أيّ أفراد لها أفضلية في المنطقة الّتي تسودها رياح – أشجار الصفصاف الّتي فروعها مرنة أم أشجار الصفصاف الّتي فروعها قاسية؟ علّلوا.

فكّروا في قطيع من الغزلان أفراده تختلف عن بعضها في سرعة ركضها أيضًا. عاش القطيع في منطقة معيّنة سنوات كثيرة باستمرار، حتّى وصلت مجموعة من النمور.

- متّى كانت أهمّيّة أكثر لسرعة ركض الغزلان – قبل أن تصل مجموعة النمور أم منذ ظهور النمور؟ ولماذا؟
- ماذا حدث للغزلان منذ ظهور النمور؟ تطرّقوا إلى احتمال بقاء الغزلان المختلفة مقارنة باحتمال بقائها في الفترة الّتي سبقت ظهور مجموعة النمور.
- حسب المثالان أعلاه، هل هنالك الأهمّيّة نفسها لصفة معيّنة (في كلّ بيئة محيطة)؟

نتابع في الفعّاليّة التالية أفضليات صفة معيّنة في ظروف بيئية محيطة مختلفة.

هل تضمن الأفضلية الآن أفضلية فيما بعد؟

هذه الفعّاليّة هي محاكاة لتجميع الغذاء بواسطة طيور فيها تباين وراثي كبير.

محاكاة لتجميع غذاء بواسطة طيور

- بالإضافة إلى شكل المنقار، فكّروا في صفات إضافيّة يمكن أن تكون مختلفة في هذه العشيرة.

توزعوا إلى مجموعات. يقيس أحد أفراد المجموعة الزمن (45 ثانية في كلّ مرة). يمثّل كلّ تلميذ طير معيّن له شكل منقار معيّن. يحصل كلّ تلميذ على كأس بلاستيكيّة تمثّل "الفم" وعلى أداة لجمع الغذاء كي يستعملها كمنقار (ملقط غسيل، سيخ، قشة وما شابه).
نضع "الغذاء" (خرز، حلوى، زبيب وغير ذلك) على عشب أخضر اصطناعيّ، ويجب عليكم أن تجمعوه بواسطة "المنقار" وأن تضعوه في "الفم".

قوانين الصيد

1. يمكن أن نجمع كلّ نوع من أنواع الغذاء.
2. يجب أن نأخذ الغذاء بمساعدة المنقار فقط.
3. يجب أن نرفع (أو نجرّ) الغذاء وأن ندخله إلى "الفم".
4. يجب أن ندخل، في كلّ مرّة، شيء واحد فقط من الغذاء.
5. يمكن أن تسرق غذاء من تلميذ آخر طالما لم يُدخله إلى الفم (لكن ممنوع أن تسرق غذاء دخل إلى الفم).

المرحلة الأولى

في هذه المرحلة، أنواع الموادّ الغذائيّة المختلفة متوفرة.

1. وزعوا أنواع الغذاء على العشب الأخضر، قفوا بحيث تكون ظهوركم موجّهة إلى العشب الأخضر.
2. اختاروا أداة لجمع الغذاء كي تستعملونها كمنقار.
3. عندما يقول التلميذ (الّذي تمّ اختياره) "ابدأوا" ديروا أوجهكم، وحاولوا أن تجمعوا أكبر عدد ممكن من الغذاء، حتّى يقول التلميذ "قفوا". يستمرّ جمع الغذاء 45 ثانية.
4. عدّوا قطع الغذاء الّتي جمعها كلّ واحد منكم، وسجّلوها في الجدول التالي:

نوع المنقار	عدد قِطع الغذاء الّتي تمّ جمعها
ملقط غسيل	
ملقط	
ملعقة صغيرة	
سيخ	

5. نظموا المعلومات في جدول صفيّ (يجب إضافة أعمدة كعدد المجموعات في الصفّ)

نوع الغذاء	عدد القطع (مجموعة 1)	عدد القطع (مجموعة 2)	عدد القطع (مجموعة 3)	عدد القطع (مجموعة 4)	عدد القطع (مجموعة 5)	معدّل عدد القطع
ملقط غسيل						
ملقط						
ملعقة صغيرة						
سيخ						

- هل عدد قِطع الغذاء الّتي جمعها أصحاب المناقير المختلفة متساوية أم مختلفة؟ كيف تشرحون ذلك؟
- هل يمكن الإشارة إلى أنّ شكل منقار معيّن (واحد أو أكثر) له أفضليّة مقارنة بالمناقير الأخرى؟ على ماذا اعتمدتم في تحديدكم؟
- هل تكون إجاباتكم، عن السؤال السابق، متماثلة إذا تغيّرت ظروف البيئة المحيطة أيضًا؟ أعطوا مثالًا.

المرحلة الثانية

حدثت كارثة لعشيرة الطيور! أباد قحط شديد معظم المحاصيل وبقي نوع واحد فقط من الغذاء. كيف يؤثّر ذلك على عشيرة الطيور؟

كرّروا العمليّات في البنود 1-4، في المرحلة الأولى، لكن في هذه المرّة وزعوا نوعًا واحدًا، فقط ،من الغذاء (تحصلون عليه من المعلم) على العشب الأخضر الاصطناعيّ.

- هل عدد قطع الغذاء الّتي جمعها أصحاب المناقير المختلفة متساوٍ أم مختلف؟ كيف تشرحون ذلك؟
- هل يمكن الإشارة إلى أنّ شكل منقار معيّن (واحد أو أكثر) له أفضليّة مقارنة بالمناقير الأخرى؟
- على ماذا اعتمدتم في تحديدكم؟ هل يمكن الإشارة إلى أنّ شكل منقار معيّن (واحد أو أكثر) له سيئة مقارنة بالمناقير الأخرى؟ على ماذا اعتمدتم في تحديدكم؟

- لكلّ شكل منقار، قارنوا بين عدد قطع الغذاء الّتي تمّ جمعها في المرحلة الأولى مقارنة بالمرحلة الثانية. ما رأيكم بالمعدّلات؟ كيف تشرحون الفروق (إنْ وُجدت)؟

- ما رأيكم بشكل المنقار الّذي كان أقلّ نجاعة في جمع الغذاء في المرحلة الثانية. فكّروا في ظروف يكون لهذا الشكل بالذات أفضلية في جمع الغذاء. ماذا يمكنكم الاستنتاج من ذلك عن تأثير البيئة المحيطة على أهمّيّة صفات معيّنة؟

رأينا حتّى الآن أنّ هنالك تباين في كلّ عشيرة، وأنّ صفات معيّنة تُكسب الأفراد الّذين يحملون هذه الصفة أفضليّة مقارنة بالأفراد الأخرى. يمكن أن تكون الأفضلية كبيرة في ظروف بيئة محيطة معيّنة، لكن يمكن أن تقلّ أو تختفي عندما تتغيّر الظروف.

نحاول في التمرين التالي أن نتوقع كيف تؤثّر الفروق الموجودة بين الأسود الذكور على نجاحاتها في الطبيعة وعلى الأجيال القادمة.

كيف نقيس "النجاح"؟

أسود في السفانا

تعيش في السفانا (سهول من العشب الأخضر)، في إفريقيا، عدّة مجموعات من الأسود. في معظم الحالات، المجموعة مكوّنة من ذكرين (أخوان عادةً)، من عدّة إناث بالغة (أخوات أو بنات العم، لكن لا توجد قرابة بينها وبين الذكرين) ومن جِراء. من أجل التمرّن والتفكير نتخيل مبنى مجموعة بسيطة فيها ذكر واحد فقط. أمامكم وصف لأربعة ذكور، كلّ واحد منها قائد مجموعة:

اسم الأسد	كفير	ليوبا	أساد	لئون
الطول والوزن	3 م 220 كغم	2.6 م 200 كغم	2.7 م 205 كغم	2.7 م 200 كغم
عدد الجراء التي وُلدت في مجموعته	19	25	20	20
مدّة حياته	13 سنة	16 سنة	12 سنة	9 سنوات
عدد الجراء الّتي وصلت سن البلوغ	15	14	14	19
ملاحظات	كفير هو أقوى أسد	لليوبا لديه أكبر عدد من الإناث	عندما احترق مكان معيشة مجموعته قاد أساد مجموعته إلى منطقة معيشة جديدة.	مات لئون من تلوث نتيجة لجرح في رِجله.

- أي أسد هو الأنجح، حسب رأيكم؟ اشرحوا تحديدكم.
- لو طُلب منكم أن تراهنوا على الأسد الّذي يكون في مجموعته أكبر عدد من الجراء بعد عدّة أجيال، أيّ أسد تختارون؟

من وجهة نظر بيولوجيّة، الفرد الناجح، ليس الفرد الجميل، القوي، السريع، الغني، الّذي يبقى على قيد الحياة أكثر. الفرد الناجح هو الفرد الّذي يضع أكبر عدد من الأفراد الّتي تصل سنّ البلوغ. بقائه على قيد الحياة هو شرط لقدرته على إنجاب هذه الأفراد. هذا النجاح نسمّيه لياقة (fitness). لئون هو الأسد الّذي يتحلى بأعلى لياقة من بين الأسود الأربعة.

- لماذا يُقاس النجاح البيولوجيّ، حسب رأيكم، بقدرة إنجاب أفراد بالغة وليس بقدرة الفرد على البقاء؟

اللياقة هو مصطلح نسبيّ يُستعمل لمقارنة فرد معيّن بأفراد أخرى، من النوع نفسه، تعيش في البيئة المحيطة نفسها. لا يمكن المقارنة بين لياقة دولفين ولياقة إنسان، لياقة ذبابة ولياقة فأر، بل يمكن المقارنة بين لياقة دولفين معيّن بدلافين أخرى في البيئة المحيطة نفسها.

- هل من الصحيح مقارنة لياقة الأسد لئون بلياقة أسد آخر يعيش في بيئة محيطة أخرى تتوفر فيها ظروف معيشة أخرى؟ تخيلوا، مثلًا: أسد يعيش في بيئة محيطة ظروفها أصعب. استطاع هذا الأسد أن ينجب فردين بالغين (وذلك عكس الأسد لئون الّذي كان في مجموعته 19 فردًا بالغًا). هل لياقة هذا الأسد أقلّ، بالضرورة، من لياقة الأسد لئون؟ هل يمكن أن نعرف عدد الأفراد الّتي يمكن أن ينجبها الأسد لئون في هذه الشروط؟

- هل من الصحيح أن نقارن بين لياقة الأسد لئون ولياقة إحدى الإناث في مجموعته؟ لماذا؟

ما الّذي يؤثّر على اللياقة؟

- هل تؤثّر الأمراض على لياقة المرضى؟
فكّروا في:
1. مرض الألزهايمر – مرض يُصيب ذاكرة الإنسان، ويبدأ عادةً في العقد السابع من حياته.
2. مرض الإيدز.
3. الهيموفيليا (يظهر تشويش في تخثر الدم). مات، في الماضي، مرضى بهذا المرض بسنّ مبكر جدًّا. توجد اليوم أدوية مناسبة بمساعدتها يمكن أن نعالج المرضى بنجاح.
- عودوا وتمعّنوا في الجدول الّذي يعرض مجموعات الأسود الأربعة. قارنوا بين عدد الجراء الّتي وُلدت لكلّ أسد وعدد الجراء البالغة. ما المشترك لجميع المجموعات؟ حاولوا أن تشرحوا النتائج.

الحياة على الورق والحياة في الواقع

حَسَبَ باحثون مختلفون عدد الأفراد الّتي يمكن أن تولد من والد واحد (أو اثنان، إذا كان الحديث يدور حول التكاثر الجنسي) خلال عدّة أجيال. افترض الباحثون أنّ جميع الأفراد تبقى على قيد الحياة وتتكاثر. وجدوا أنّ زوج من الفيلة يستطيع أن يُنجب 19 مليون فيل خلال 750 سنة، الذباب الّذي زمن جيله أقصر، يستطيع أن يُنجب عشيرة تعدادها 191×10^{18} أفراد خلال خمسة شهور، أما بكتيريا الستفيلوكوكوس الذي زمن جيله أقصر من ذلك، يستطيع أن يغطي الكرة الأرضيّة بطبقة سمكها مترين خلال 48 ساعة فقط. حتّى الآن الحسابات. نعرف في الواقع أنّ العالَم غير مليء بالفيلة، بالذباب وبالبكتيريا. نعرف في الواقع أنّ تعداد العشيرة يبقى ثابتًا، تقريبًا، خلال الأجيال. من هنا، في كلّ جيل عدد الأفراد الّذين يبقون على قيد الحياة ويتكاثرون أقلّ بكثير من عدد الأفراد الممكن.

بين الوالدين والنسل

تستطيعون في التمرين التالي أن تحسبوا بأنفسكم قدرة العشيرة على التكاثر.

تمعّنوا في الثمرة (يمكنكم أن تختاروا كلّ ثمرة فيها أكثر من بذرة واحدة: بندورة، شمام، برتقال).

1. عدّوا وسجّلوا عدد البذور في الثمرة.
2. إذا نبتت كلّ بذرة، كم نبتة تكون في الجيل الثاني؟
3. إذا أنتجت كلّ نبتة من نباتات الجيل الثاني عشر بذور جديدة، كم نبتة تكون في الجيل الثالث؟
4. إذا أنتجت كل نبتة من نباتات الجيل الثالث عشر بذور جديدة، كم نبتة جديدة تكون في الجيل الرابع؟
5. ارسموا رسمًا بيانيًّا لعدد الأفراد الممكن كدالّة لعدد الأجيال (يمثّل محور Y عدد الأفراد ويمثّل محور X رقم الجيل).
6. أيّ استنتاج عام يمكن أن نستنتج من ذلك حول قدرة وتيرة تكاثر البذور؟
7. بيّن الواقع أنّه في نهاية الأمر تبقى ثمرة واحدة فقط في الجيل القادم، من الثمرة المنفردة، وكذلك الأمر في الجيل الّذي يليه. هل يتناسب هذا المعطى مع حساباتكم؟

8. ماذا يمكن أن تكون الأسباب للفروق بين الواقع والتنبؤ؟
9. هل تستطيع هذه الأسباب أن تشرح الفروق بين الواقع والتنبؤ في عشائر الفيلة، الذباب والبكتيريا؟ فكّروا في أسباب إضافيّة.

الفيلة، الذباب، البكتيريا والنباتات تضع نسلًا أكثر من النسل الّذي يستطيع أن يبقى على قيد الحياة. لا تنمو العشائر بشكل لا نهائيّ، والعالم غير مليء بالكائنات الحيّة، لأنّ معظم النسل يموت.

أسئلة للتلخيص

1. أمامكم صفات متباينة في عشائر معيّنة. فكّروا أيّ الأفراد في العشيرة تكون لها أفضليّة في البيئة المحيطة المعرّفة في الجدول. اشرحوا إجاباتكم.

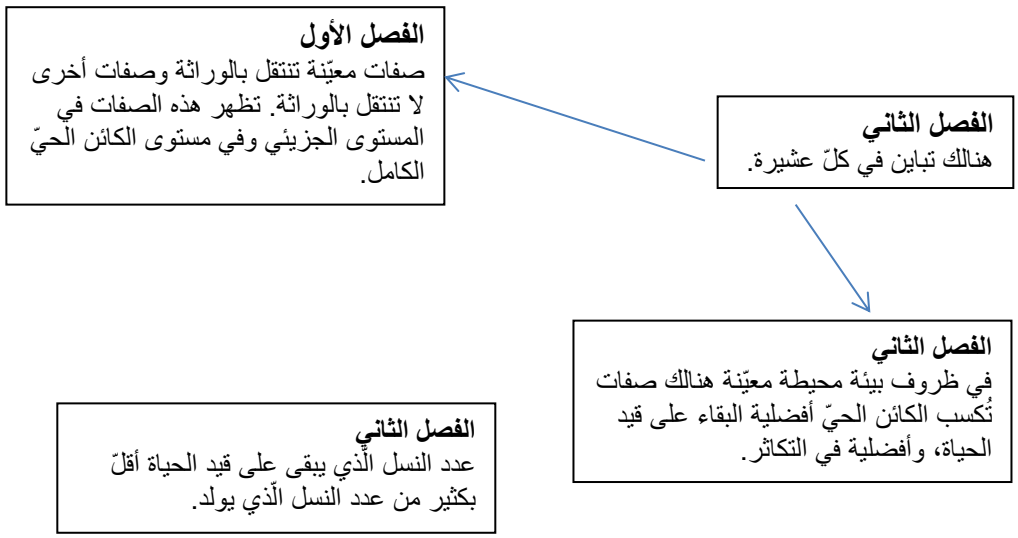
الكائن الحيّ	الصفة المتباينة في العشيرة	ظروف البيئة المحيطة	أيّ الأفراد لها أفضليّة في البيئة المحيطة مقارنة بالأفراد الأخرى
قرن الغزال	مدى انتصاب الفروع (منتصبة أو مائلة)	رياح قوية	
صراصير	السرعة الّتي تهرب بها من الضوء (سرعة عالية أم منخفضة)	مطبخ في المطعم	
ثعلب القطب	لون الفروة وسمكها (فروة بيضاء، بنية، سميكة، رقيقة)	منطقة مغطاة بالثلوج	
حشرات	مقاومة للموادّ المعدّة لمكافحة الآفات الزراعيّة (ذات مقاومة أو حساسة)	عندما لا يتمّ استعمال الموادّ المعدّة لمكافحة الآفات الزراعيّة	

2. هل تؤثّر الصفات الّتي قستموها في الفول السوداني (الفستق) على لياقة بذور الفول السوداني؟
3. لا تختلف البكتيريا عن بعضها في عدد الأفراد: تنقسم كلّ بكتيريا إلى اثنتين. وأيضًا البكتيريا الملائمة جدًّا لبيئتها المحيطة لا تنقسم إلى أكثر من اثنتين. بما أنّ البكتيريا لا تختلف عن بعضها في الأفراد، هل، حسب رأيكم، المصطلح "لياقة" مناسب للبكتيريا؟
4. في سنة 1971، كان ، في إسرائيل، معدّل حياة الرجال 70.1 سنة، ومعدّل حياة النساء 73.4 سنة. في سنة 1998 بلغ معدّل حياة الرجال 76.1 سنة ومعدّل حياة النساء 80.3 سنة. هل يؤثّر طول الحياة وتحسين جودتها على لياقة الإنسان؟

تلخيص

تناولنا في هذا الفصل التباين بين العشائر والحقيقة أنّ هنالك أفراد تتحلى بلياقة عالية وأفراد تتحلى بلياقة أقلّ. الأفراد الّتي تتحلى بلياقة عالية هي الأفراد الّتي تضع عددًا كبيرًا من الأفراد الّتي تصل سنّ البلوغ. رأينا أيضًا أنّ عدد الأفراد الممكن (أو قدرة العشيرة على التكاثر) كبير جدًّا مقارنة بعدد الأفراد الّتي تبقى على قيد الحياة وتصل سنّ البلوغ. نفحص في الفصل القادم لماذا لا تصل جميع الأفراد سنّ البلوغ، في الطبيعة، وكيف يرتبط ذلك باستطالة عنق الزرافة؟

خريطة التعلّم:



المصطلحات الّتي تعلّمناها في هذا الفصل:

تباين

لياقة (fitness)

الفصل الثالث: كيف استطال عنق الزرافة على مرّ الزمن؟
آلية الانتخاب الطبيعيّ

الذباب الّذي يعيش في مناطق ماطرة أو رطبة جدًّا، توجد له، على الأغلب، كيوتيكولا رقيقة تغطي جسمه. أمّا الذباب الّذي يعيش في المناطق الحارة والجافة، توجد له، على الأغلب، كيوتيكولا سميكة تُتيح له الحفاظ على عدم فقدان الماء. سُمك الكيوتيكولا هو صفة وراثية.

من المعلوم أنّه في أعقاب تغيّرات المناخ، الّتي تحدُث خلال آلاف السنين، تتحوّل مناطق معيّنة ماطرة ورطبة إلى مناطق حارة وجافة.

- ماذا يحدث، حسب رأيكم، لعشائر الذباب الّتي تعيش في هذه المنطقة؟
للإجابة عن السؤال استعينوا بالأسئلة التالية:

1. هل هنالك تباين في عشائر الذباب؟ أعطوا عدّة أمثلة.
2. ما هي الصفة المذكورة في القطعة؟ ما هو التباين لهذه الصفة؟
3. كيف تؤثّر هذه الصفة على لياقة الذباب في المناطق الّتي يسودها مناخ رطب جدًّا؟
كيف تؤثر هذه الصفة على لياقة الذباب في المناطق الّتي يسودها مناخ حار وجاف؟
4. كيف تبدو، حسب رأيكم، عشيرة الذباب في الجيل الأوّل بعد ارتفاع درجة حرارة المناخ وجفافه؟ خذوا بالحسبان أنّ الذباب الّذي توجد له كيوتيكولا رقيقة لا يموت كلّه مباشرة مع ارتفاع درجة حرارة المناخ. حاولوا أن تفترضوا لماذا؟
5. ماذا يحدُث، حسب رأيكم، خلال ألف سنة لعشيرة ذباب تعيش في منطقة يزداد فيها ارتفاع درجة الحرارة تدريجيًّا؟ (المدّة الزمنية للجيل الواحد للذباب قصيرة جدًّا – حوالي أسبوعين).
6. هل تتغيّر العشيرة خلال الأجيال؟ كيف؟
7. هل تتغيّر الأفراد ذاتها؟ اشرحوا.
8. هل تؤدّي البيئة المحيطة إلى تغيّرات في العشيرة؟

ازدياد سُمك كيوتيكولا الذباب، في المثال الّذي رأيناه الآن، واستطالة عنق الزرافة، على مرّ الزمن، الّتي تحدثنا عنها في الفصل الأوّل، هما مثالان لتغيّرات تحدُث في العشيرة. نسمّي عمليّة تغيّر العشائر على مرّ الأجيال النشوء والارتقاء.

تعود الفكرة أنّ العشائر تتغيّر على مرّ الأجيال، هذا يعني أنّها تمرّ بعمليّة النشوء والارتقاء، إلى تشارلس داروين، لكن في الواقع استخدمها قبله أشخاص آخرون، والمشهور من بينهم جان بفتيست لامارك. كانت مساهمة كبيرة لداروين (ولألفرد ووالس الّذي سنتعرّف على قصته فيما بعد) في اقتراح الآلية المسؤولة عن النشوء والارتقاء وفي عرض دلائل كثيرة تدعم هذه الآلية.

نسمّي هذه الآلية **الانتخاب الطبيعيّ.**

في عمليّة الانتخاب الطبيعيّ، في بيئة محيطة معيّنة، تنجح أفراد معيّنة في البقاء على قيد الحياة وفي إنجاب أفراد كثيرة تصل سنّ البلوغ. نتيجة لذلك تحدُث تغيّرات في مكوّنات العشيرة: تزداد تكراريّة الأفراد الّتي تتحلى بلياقة عالية، وتقلّ تكراريّة الأفراد الّتي تتحلى بلياقة منخفضة. عادةً، يحدُث التغيّر في التكراريّة النسبيّة تدريجيًّا خلال عدّة أجيال. تؤدّي عمليّة الانتخاب الطبيعيّ إلى ازدياد ملاءمة الكائنات الحيّة لبيئتها المحيطة الحالية. انتبهوا: العشيرة هي الّتي تمرّ بعمليّة الملاءمة وليس الأفراد.

في عشيرة الذباب، على سبيل المثال، لم تظهر الملاءمة للبيئة المحيطة الجافة في تغيّر سُمك الكيوتيكولا عند كلّ ذبابة بشكل منفرد، بل ازدادت التكراريّة النسبيّة للذباب الّذي توجد له كيوتيكولا سميكة. هذا الأمر يحوّل كلّ العشيرة إلى أن تكون أكثر ملاءمة. عندما نتحدث عن "ملاءمة النشوء والارتقاء" نتطرّق إلى الصفة ذاتها (مثلًا: الكيوتيكولا السميكة لدى الذباب الّذي يعيش في ظروف الجفاف) وإلى العمليّة الّتي تطوّرت بها الملاءمة (هذا يعني الازدياد التدريجيّ، على مرّ الأجيال، بالتكراريّة النسبيّة في عشيرة الأفراد ذات الكيوتيكولا السميكة).

- هل تستطيعون أن تفترضوا، الآن، كيف تغيّر عنق الزرافة على مرّ الأجيال؟
- هل يوجد، حسب رأيكم، تباين في عشائر الزرافات الّتي تعيش اليوم؟

نَصف أحيانًا عمليّة الانتخاب الطبيعيّ كتنافس متوحش بين الأفراد أو كمعركة دامية من أجل البقاء. في هذه المعركة، الأصحاء، الأقوياء وأصحاب اللياقة البدنية العالية هم الّذين يبقون على قيد الحياة، وذلك على حساب الأفراد الضعيفة. لكن يجب التذكّر أنّه في معظم الحالات لا يدور الحديث حول تنافس جسديّ أو حرب، والقوّة لا تحسم ذلك بالضرورة، بل صفات أخرى ترفع اللياقة (مثل: سُمك الكيوتيكولا في الذباب أو طول عنق الزرافة). كما ذكرنا، يُقاس النجاح في الطبيعة حسب عدد الأفراد الّتي ينجبها الفرد والّتي تبقى على قيد الحياة وتصل سن البلوغ.

نشوء وارتقاء حشرات أزهار الحقول

التمرين التالي هو محاكاة لعمليّة الانتخاب الطبيعيّ، كما تحدُث في عشيرة حشرات أزهار الحقول الّتي تُعتبر حشرات خيالية. تعيش هذه الحشرات في حقول الأزهار. المسبب الوحيد لموت أفراد العشيرة هو أكلها بواسطة طير معيّن. يأكل الطير، كلّ سنة، نِصف عشيرة هذه الحشرات. لكن في كلّ سنة تُضاعف العشيرة نفسها بواسطة التكاثر اللاجنسي: تُنجب كلّ حشرة فردًا واحدًا فقط مماثلًا لها بالضبط.

سير العمل

يمثّل الخرز خلال المحاكاة هذه الحشرات، قطعة قماش ملونة عليها رسومات أزهار تُمثل حقل الأزهار الّذي تعيش فيه هذه الحشرات وأنتم تمثلون الطير الّذي يتغذّى على هذه الحشرات.

1. وزعوا بطريقة متساوية 20 خرزة من كلّ لون (المجموع 40 خرزة) على قطعة القماش الّتي حصلتم عليها.
2. هل يوجد تباين في عشيرتكم؟
3. ما هي التكراريّة بالنسبة المئويّة لكلّ نوع من أنواع الخرز (الحشرات)؟
   احسبوا كالتالي: عدد الخرزات من نوع معيّن × 100 / مجموع الخرزات من اللونين
4. يتمّ أكل الحشرات (الخرز) بواسطة الطير (أنتم) كالتالي: يقف أحد أفراد المجموعة، بحيث يكون حقل الأزهار خلفه، وهو يمثّل الطير. يقول ممثل آخر في المجموعة "ابدأ" كي يبدأ الطير بأكل الحشرات، يبدأ الطير ويأخذ بسرعة الخرزة الأولى الّتي يميّزها. كرّروا هذه العمليّة 20 مرّة (بحيث يأكل الطير 20 خرزة في نهاية الأمر). يهتم ممثّلان آخران في المجموعة على أن تكون قطعة القماش مشدودة كلّ الوقت.

فعّاليّة الخرز – محاكاة لعمليّة الانتخاب الطبيعيّ

5. عدّوا الخرزات الّتي بقيت من كلّ لون، واحسبوا النسبة المئويّة لكلّ لون.

6. نفّذوا، في هذه المرحلة، تكاثر الحشرات بالطريقة التالية: ضاعفوا عدد الحشرات (الخرز) الّتي بقيت على قطعة القماش حسب لونها، مثلًا: إذا بقيت 7 خرزات صفراء على قطعة القماش، أضيفوا 7 خرزات صفراء جديدة.

7. اجمعوا جميع الخرزات ووزعوها على قطعة القماش بشكل متجانس.

8. كرّروا المراحل 3-7 مرّتين إضافيتين (بحيث تكون محاكاة لثلاثة أجيال).

9. أكملوا الجدول:

		اللون 1	اللون 2
عشيرة ابتدائية	عدد الخرزات	20	20
	عدد الخرزات بالنسبة المئويّة	50	50
الجيل 1	عدد الخرزات الّتي بقيت بعد الافتراس		
	عدد الخرزات بالنسبة المئويّة		
الجيل 2	عدد الخرزات الّتي بقيت بعد الافتراس		
	عدد الخرزات بالنسبة المئويّة		
الجيل 3	عدد الخرزات الّتي بقيت بعد الافتراس		
	عدد الخرزات بالنسبة المئويّة		

أسئلة

1. أيّ أفراد في عشيرة الحشرات (الخرز) كانت لها أفضليّة في البيئة المحيطة؟ لماذا؟
2. أي أفراد في عشيرة الحشرات (الخرز) لم يكن لها أفضليّة في البيئة المحيطة؟ لماذا؟
3. ارسموا رسمًا بيانيًّا مكوّنًا من أعمدة يعرض النتائج. قرروا ماذا يمثّل محور x وماذا يمثّل محور y؟
4. ماذا حدث، للنسبة المئويّة، لعدد الحشرات (الخرزات) الّتي كانت لها أفضليّة في البيئة المحيطة بعد مرور 3 أجيال؟
5. ماذا حدث، للنسبة المئويّة، لعدد الحشرات (الخرزات) الّتي لم يكن لها أفضليّة في البيئة المحيطة بعد مرور 3 أجيال؟
6. كيف تشرحون التغيّر، في النسبة المئويّة، في نوعيِ الحشرات؟
7. لماذا حسبنا، في كلّ مرّة، النسبة المئويّة لعدد الحشرات ولم نكتفي بعددها؟
8. هل طرأ تغيير في الحشرات (في الأفراد نفسها) بسبب وجود الطير الّذي يأكل الحشرات؟
9. هل طرأ تغيير في عشيرة الحشرات بسبب وجود الطير الّذي يأكل الحشرات؟
10. كيف تشرحون الفرق بين إجاباتكم عن سؤال 8 وإجاباتكم عن سؤال 9؟
    أيّ استنتاج يمكن استنتاجه من هذا الفرق حول طريقة عمل عمليّة الانتخاب الطبيعيّ؟
11. هل أثرت البيئة المحيطة على لون الخرزات؟ اشرحوا.
12. ماذا يحدث، حسب رأيكم، لو استمرّينا في الافتراس والتكاثر عدّة أجيال إضافيّة؟
13. تمثّل محاكاة الخرزات عمليّة الانتخاب الطبيعيّ. الواقع معقد أكثر، والمحاكاة (ككلّ محاكاة أو نموذج) محدودة بقدرتها على محاكاة الواقع. بماذا، حسب رأيكم، هي محدودة؟
14. هل تفكرون أنّ الصفة الّتي أكسبت أفضلية في هذه البيئة المحيطة المعيّنة تُكسب بالضرورة أفضليّة في بيئات محيطة أخرى أيضًا؟ علّلوا وأعطوا مثالًا. صفوا ماذا يحدُث لمكوّنات العشيرة في مثال البيئة المحيطة الّذي سجّلتموه؟
15. لخصوا، كيف يغيّر الانتخاب الطبيعيّ التكراريّة النسبيّة للصفات في العشيرة؟
16. ماذا يحدُث للتباين، في العشيرة، بعد عدّة أجيال؟

- ما المشترك في الأمثلة الّتي رأيناها، حتّى الآن (ذباب، زرافة والخرزات)، في سياق الانتخاب الطبيعيّ؟
استعملوا المصطلحات التالية: أفضليّة، لياقة، احتمال البقاء، بيئة محيطة، تغيير في الـ DNA ، تكراريّة.

عمليّة الانتخاب الطبيعيّ تدريجيّة ومستمرّة. شدّة الانتخاب الطبيعيّ هي الّتي تحدّد وتيرة تغيّرات مكوّنات العشيرة: كلّما كان الانتخاب الطبيعيّ أقوى كان التغيير أسرع (من ناحية عدد الأجيال) وبالعكس.
مثلًا: لو استعملنا في لعبة المحاكة قطعة قماش لها اللون نفسه ومماثل للون أحد الخرزات لكانت شدّة الانتخاب الطبيعيّ أقوى من الحالة الّتي استعملنا فيها قطعة قماش ملوّنة بالأزهار. التغيير في مكوّنات العشيرة يكون عندئذ أسرع.
تستطيع ظروف معيّنة في البيئة المحيطة أن تؤثّر على مكوّنات العشيرة بأشكال مختلفة. مثلًا: الذباب الّذي يعيش في مناطق تتحوّل إلى حارة وجافة، الكيوتوكيلا السميكة هي صفة واحدة من بين صفات كثيرة تكسبها أفضلية في هذه الظروف. يمكن أن تكون صفات إضافيّة أخرى مرتبطة بالسلوك وتكسبها أفضليّة: مثلًا: النشاط في الليل أو النشاط في الظل (الذباب الفعّال في الليل أو الظل يتعرّض أقلّ لخطورة الجفاف، لذا تكون لياقته أعلى).

- فكّروا في عشيرة حشرات في حقل أزهار. أيّ صفات تكسبها أفضلية إذا كانت في البيئة المحيطة طيور معيّنة تعتمد على حاسة الرؤية كي تأكلها؟

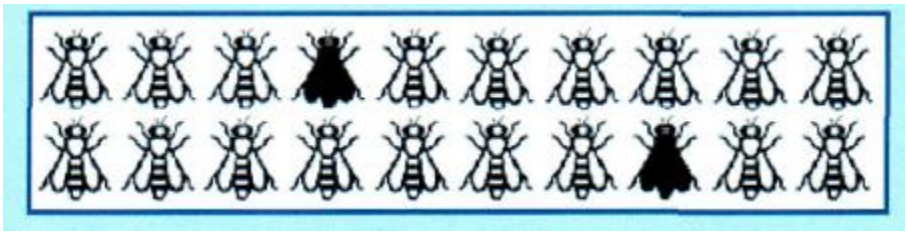
أسئلة للتلخيص

1. يحاول تلميذان أن يشرحا كيف تغيّرت الزرافة من نوع عنقه قصير نسبيًّا إلى نوع عنقه طويل.
سامي: "نتيجةً لرغبة الزرافة القديمة أن تتطوّر كي تصل قمم الأشجار، لذا نَتج خلال النشوء والارتقاء عنق طويل عند الزرافة. حدث ذلك ببطء، لأنّ عنق الزرافة استطال قليلًا في كلّ جيل.
رياض: لدى الزرافات القديمة (الّتي كان لمعظمها عنق قصير) كانت أيضًا عدّة زرافات عنقها أطول. كانت أفضليّة لهذه الزرافات، لذا ازداد عددها، مع مرّ الأجيال، وأنجبت أفرادًا لها عنق طويل نسبيًّا".
أيّ شرح يبدو لكم صحيح، شرح سامي أم رياض؟
ما هو الشيء غير الصحيح في الاختيار الّذي حدّدتموه غير صحيح؟
2. حسب ما تعلّمتم في هذا الفصل، أمامكم عدّة أمثلة، أيّ منها يمكن أن تمرّ بتغيّرات النشوء والارتقاء بعمليّة الانتخاب الطبيعيّ:
   أ. قطيع من الأبقار يعيش في السامرة.
   ب. بكتيريا في أمعائكم.
   ت. نباتات خشخاش في جبال الجلبوع.
   ث. شجرة بلوط في كفار سابا.

يمكن اختيار أكثر من إجابة واحدة. اشرحوا إجاباتكم.

3. اكتشف علماء إسرائيليون نوع جديد من الذباب في النيويورك. انتبهوا أنّ الذباب البالغ يتزاوج في كلّ صيف، وتضع الإناث بيوضًا. في نهاية الصيف يموت جميع الذباب البالغ. تفقص البيوض ويخرج الذباب الجديد في فصل الربيع، وهكذا ينتج الجيل البالغ القادم.
أحضر العلماء الإسرائيليون إلى البلاد 20 ذبابة، وأطلقوها في حقل أبحاث معزول كي يستمرّوا في بحثهم. كان لون أجنحة ذبابتين أسود، أمّا سائر الذبابات فكان لون أجنحتها أبيض.

الجيل الأوّل:



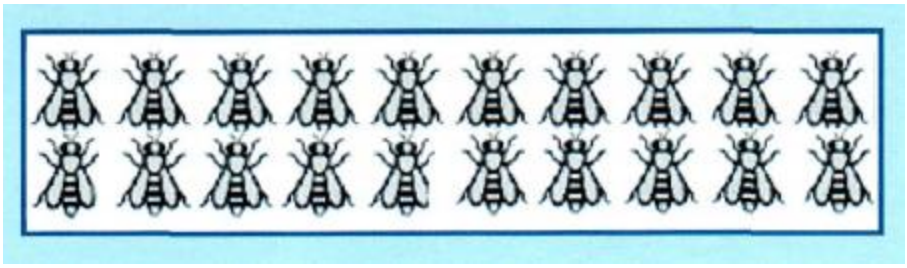
في الجيل العاشر كان لون أجنحة الذباب أسود:

الجيل العاشر:

استنتج الباحثون أنّه في ظروف البحث السائدة في الحقل يوجد للذباب الأسود أفضلية مقارنة بالذباب الأبيض. نمّت في الحقل، الّذي تمّ فيه البحث، أزهار غامقة جدًّا وقضى الذباب معظم وقته عليها، افترض الباحثون أن تمويه الذباب الأسود جيّد، لذا لم يتمّ افتراسه بشكل جيّد.

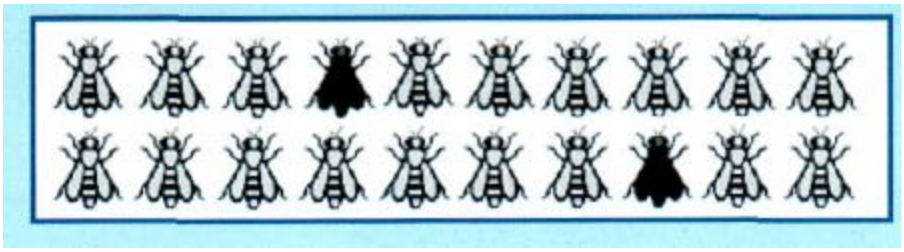
حسب هذا الافتراض، أيّ رسمة، من بين الرسومات التالية، تبيّن المجموعة الّتي تمثّل الذباب في الجيل الثاني؟

أ. **الجيل الثاني:**



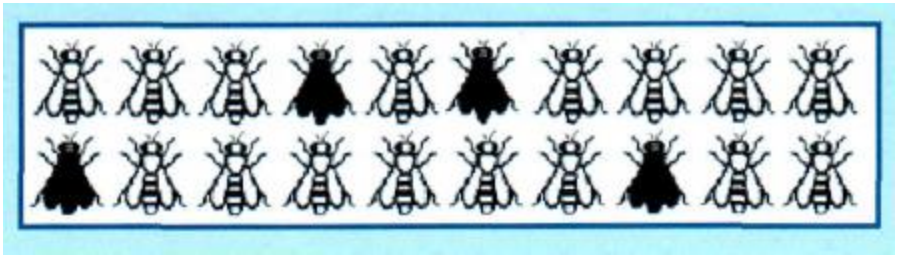
(كان الذباب قاتمًا أكثر في كلّ جيل)

ب. **الجيل الثاني:**



(كان الذباب قاتمًا أكثر وأكثر في كلّ جيل، لكن كانت عدّة أفراد سوداء في كلّ جيل)

ت. **الجيل الثاني:**



(ازدادت تكراريّة الذباب الأسود في كلّ جيل)

نفترض أنّ الباحثون أطلقوا العشرين ذبابة الأصليّة الّتي أحضروها من النيويورك في حقل قطن بدلًا من الحقل الّذي أُجريت فيه التجربة (اللون الأبيض هو لون الخلفية البارز في حقل القطن). ماذا يحدُث، حسب رأيكم، عندئذ لعشيرة الذباب؟ ولماذا؟

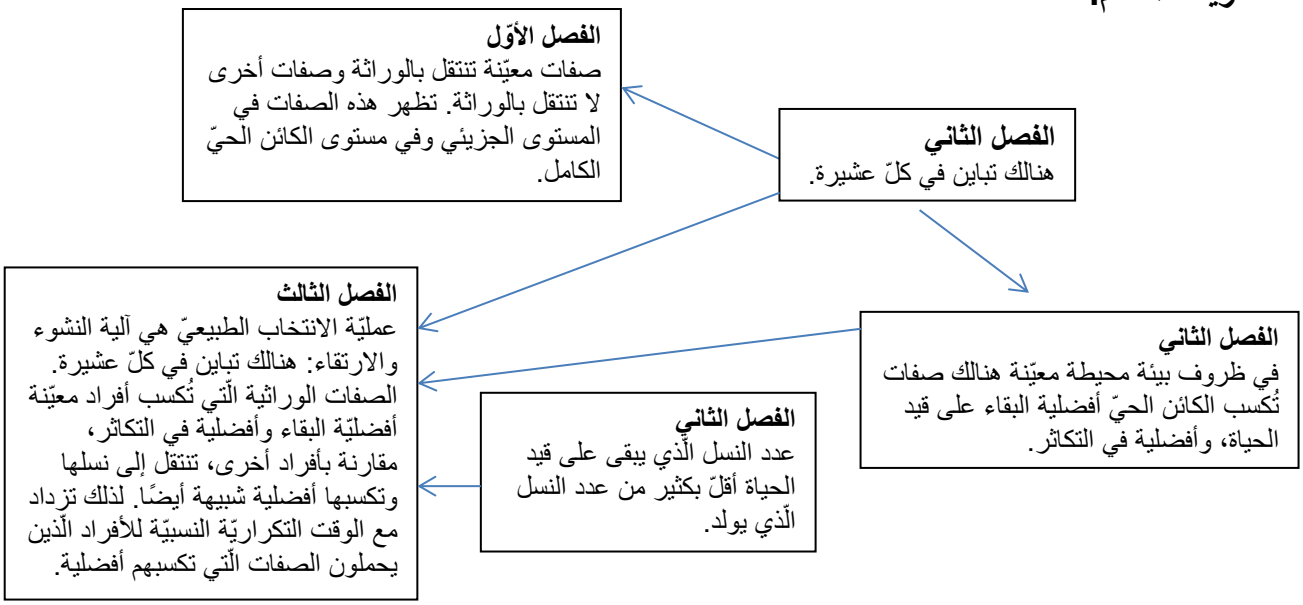
4. في تجربة فايسمان (الّتي وُصفت في الفصل الأوّل) تمّ قطع أذناب الفئران لمدّة 20 جيلًا. على الرغم من ذلك، لم يتغيّر معدّل طول أذناب النسل بشكل ملحوظ.
   أ. تخيلوا عشيرة من الفئران تعيش في منطقة معيّنة، وقد وصل إليها ابن آوى. اتّضح أنّه كلّما كان طول ذنب الفأر أطول تتعقد حركته، وهكذا يكون أسهل لابن آوى أن يصطاده. هل يتغيّر، حسب رأيكم، معدّل طول أذناب الفئران في المنطقة، على مرّ الأجيال، بعد وصول ابن آوى؟ كيف؟
   ب. ما الفرق بين قصة الفئران التي يفترسها ابن آوى والفئران في تجربة فايسمان؟

تلخيص

تعرّفنا في هذا الفصل على فكرة الانتخاب الطبيعيّ الّذي يشرح كيف تتغيّر العشائر مع مرور الوقت؟ تؤدّي عمليّة الانتخاب الطبيعيّ إلى تحويل عشائر الكائنات الحيّة أكثر ملاءمة للبيئة المحيطة. عمليّة الملاءمة (على الأغلب) تدريجيّة ومستمرّة. تعلّمنا أيضًا أنّه في ظروف بيئة محيطة معطاة يمكن أن تكون عادةً عدّة حلول تُتيح البقاء والتكاثر.
عندما نريد أن نشرح كيف يعمل الانتخاب الطبيعيّ في عشائر معيّنة يجب أن نأخذ بعين الاعتبار النقاط التالية:

- **تباين العشيرة** (في عشيرة الزراف، على سبيل المثال، كان تباين: كانت هنالك أفراد عنقها قصير نسبيًّا إلى جانب الأفراد الّتي عنقها طويل).
- تأثير **البيئة المحيطة**: يجب أن نتذكّر أنّ البيئة المحيطة **لا تؤدّي** إلى تغيير الأفراد. وهي تُتيح بقاء الأفراد ذات اللياقة العالية وليس الأفراد ذات اللياقة الأقلّ. (بيت التنمية الّذي انخفضت فيه كمّيّة الغذاء في الأماكن المنخفضة لم يؤدّي إلى استطالة عنق الأفراد. في هذه البيئة المحيطة تمّ الانتخاب الطبيعيّ للأفراد الّتي عنقها طويل نسبيًّا، لأنّها كانت ذات لياقة عالية).
- الصفة المناسبة (الّتي تؤثّر على اللياقة) تنتقل **بالوراثة** (كانت هذه الصفة في أفراد الزراف الّتي عنقها طويل).
- التغيّر في التكراريّة النسبيّة تدريجيّ ويحدُث خلال عدّة أجيال (ازدادت، في كلّ جيل، التكراريّة النسبيّة للزراف الّذي عنقه طويل، وانخفضت تكراريّة الزراف الّذي عنقه قصير).

خريطة التعلّم:



المصطلحات الّتي تعلّمناها في هذا الفصل:

النشوء والارتقاء التكراريّة النسبيّة الانتخاب الطبيعيّ الملاءمة

الفصل الرابع: هل نستطيع أن نرى انتخاب طبيعيّ في الواقع؟

رأينا في الفصل السابق أنّ آلية الانتخاب الطبيعيّ تستطيع أن تشرح تغيّرات كبيرة جدًّا حدثت في العشائر خلال ملايين السنين. عادةً، عمليّة الانتخاب الطبيعيّ بطيئة، والتغيّرات الّتي تحدُث في كلّ جيل صغيرة جدًّا، لذا لا نستطيع أن نرى العمليّة خلال حدوثها. لو كان معدّل حياتنا ملايين السنين لرأينا، مثلًا، استطالة عنق الزرافة.
نتناول، في هذا الفصل، عدّة حالات وُثق فيها الانتخاب الطبيعيّ بشكل منهجيّ. تمّ هذا التوثيق بفضل السرعة الكبيرة نسبيًّا الّتي حدث فيها التغيير.

الألوان، المفترِس وأسماك جوبي

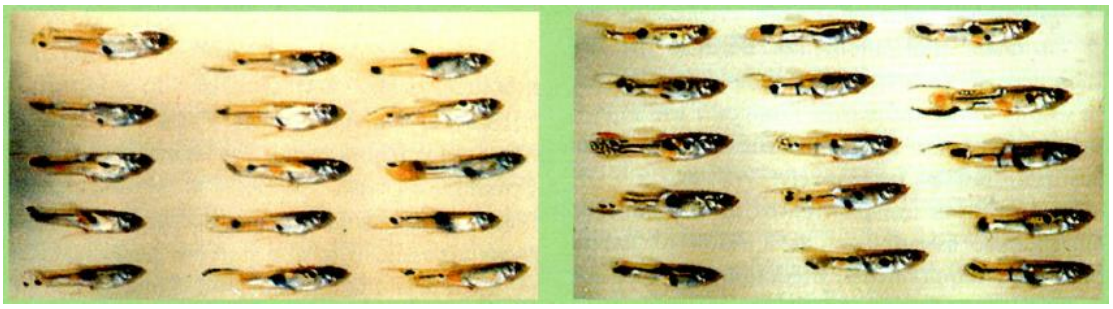
هنالك أمثلة كثيرة في الطبيعة تختار فيها الإناث الذكور الّتي تتزاوج معها، وهكذا تحدّد لياقة الذكور (هذا يعني قدرتها على انجاب النسل). لدى أنواع كثيرة من هذا النوع "تفحص" الإناث الشكل الخارجيّ أو سلوك المغازلة لعدّة ذكور قبل أن تختار ذكر معيّن.
جوبي هي أسماك مفترِسة يربيها الإنسان في حوض الأسماك. تعيش، في الطبيعة، في بحيرات وجداول فنزويلا وفي جُزر الكاريبي. طول الذكر 2.5- 3 سم، ولمعظم الذكور هنالك نقاط لامعة لونها أسود، أخضر، أزرق، برتقاليّ وأحمر. الإناث لونها رماديّ. تختار الإناث الذكور حسب ألوانها وحركة مغازلتها: كلّما كانت ألوان الذكر بارزة أكثر وحركاته شديدة يزداد احتمال اختياره بواسطة الإناث للتزاوج معها.

1. أيّ ذكور لياقتها أعلى؟ هل تكون ذات لياقة عالية في كلّ ظروف البيئة المحيطة؟

بحث الباحث جون أندلر (John Endler)، في سنوات السبعينيات، عشائر من أسماك الجوبي الّتي تعيش في وديان جارية وفي سفوح الجبال في فنزويلا وترينيداد. هذه الوديان مقسمة إلى مقاطع ومنفصلة عن بعضها بواسطة الشلالات.

البحيرات في وديان فنزويلا وترينيداد

تعيش في كلّ مقطع كهذا عشائر منفردة من أسماك الجوبي، لأنّه لا تستطيع أسماك الجوبي الانتقال، تقريبًا، من مقطع إلى آخر. وجد أندلر داخل مقاطع المياه المفترِسات الطبيعية لأسماك الجوبي، وقد كانت بالأساس أسماك غير موزعة بشكل متساوٍ: كلّما نزل في سفح الجبل وجد مفترسات أكثر في الماء، من حيث العدد الكليّ والتنوّع (أنواع مفترِسات أكثر). أخذ أندلر عيّنة من أسماك الجوبي من كلّ مقطع، وانتبه إلى أنّ المقاطع القريبة من قمة الجبل تحتوي على ذكور لمعظمها ألوان لامعة، أمّا المقاطع الّتي تقع في أسفل الجبل تحتوي على ذكور ألوانها قليلة اللمعان.



ذكور من قمة الجبل:
ألوان شديدة ولامعة. هنالك نقاط كثيرة في منطقة الذنب.

ذكور من أسفل الجبل:
ألوان باهتة وقليلة اللمعان. هنالك نقاط قليلة في منطقة

2. اقترحوا شرحًا كيف يؤثّر التوزيع المختلف للمفترِسات، في أسفل الوادي، على تكراريّة الذكور ذات الألوان البارزة في المقاطع المختلفة؟
3. كيف تفحصون الشرح؟

أخذ أندلر أسماك جوبي، من مقاطع مختلفة، تختلف عن بعضها بألوانها، خلطها مع بعضها وأتاح لها التكاثر في المختبر عدّة أجيال (المدّة الزمنيّة للجيل الواحد عند أسماك الجوبي هو أربعة حتّى ستة أسابيع). الأفراد الّتي نتجت كانت مختلفة عن بعضها بمدى ألوانها، وقد نمت في 10 برك اصطناعيّة، حيث كان في أرضيتها حصى ملون باهت (يشبه أرضية الوادي). كانت في كلّ بركة عشيرة تعدادها 200 سمكة من أسماك الجوبي، ذكور وإناث، وقد كان تباين كبير جدًّا بين الذكور في الألوان. أدخل أندلر مفترِسات إلى قسم من البرك. بعد مرور خمسة شهور تمّ فحص نماذج وألوان الذكور في كلّ بركة.

4. أيّ فرضيّة أراد الباحث، حسب رأيكم، أن يفحصها بواسطة التجربة؟
5. أيّ ذكور تكون لياقتها عالية، حسب رأيكم، في البرك الّتي لا يوجد فيها مفترِسات؟
6. أيّ ذكور تكون لياقتها عالية، حسب رأيكم، في البرك الّتي يوجد فيها مفترِسات؟
7. ماذا يحدُث لمكوّنات العشيرة (من ناحية الذكور)، على مرّ الأجيال، في البرك الّتي يوجد فيها مفترِسات والبرك الّتي لا يوجد فيها مفترِسات؟
8. لماذا شدّد الباحث على أن تكون، في جميع البرك، عشائر ابتدائيّة متشابهة (من ناحية عدد الأفراد وأنواعها)؟

أراد أندلر أن يبيّن أنّ هذه العمليّة تحدُث في الطبيعة أيضًا (وليس في ظروف المختبر فقط)، لذا أخذ أندلر عيّنة مكوّنة من 200 سمكة من أسماك الجوبي من مقطع في أسفل الجبل. معظمها لم تكن ألوانها بارزة نسبيًّا. وضع هذه العينة في مقطع آخر في قمة الجبل لم تكن فيه أسماك جوبي أخرى. في المقطع الجديد لم تكن مفترِسات أيضًا. فحص الذكور بعد مرور سنة (بعد حوالي 15 جيلًا). وقد كانت مكوّنات العشيرة مختلفة عن المكوّنات الأصليّة: ازدادت تكراريّة الذكور الّتي ألوانها بارزة بشكل كبير جدًّا.

9. ماذا كان استنتاج الباحث؟

رأينا، في الفصل السابق، أنّ عدد أفراد الكائنات الحيّة الّتي تُولد أكبر بكثير من عدد الكائنات الحيّة الّتي تبقى على قيد الحياة. لذا يحدُث تنافس بين الأفراد المتشابهة على الموارد الموجودة (مثلًا: إيجاد الغذاء، إيجاد شريك للحياة وحماية). تحتاج الكائنات الحيّة في هذا التنافس إلى المورد نفسه الّذي كمّيّته غير كافية للجميع.

لا يحدُث الصراع بين أفراد من أنواع مختلفة (مثلًا: بين المفترِس والفريسة)، بل بين أفراد تنتمي إلى النوع نفسه (مثلًا: بين الحيوانات المفترِسة ذاتها). لذلك، في المثال الّذي رأيناه، الصراع الحاسم ليس بين أسماك الجوبي والمفترِسات، بل بين أفراد الجوبي المختلفة. الفائزون في الصراع الّذي يحدُث بين أسماك الجوبي هم الّذين ينجبون الأجيال القادمة.

أنياب الفيلة في أفريقيا

أنياب الفيل هي الأسنان القاطعة العلويّة البارزة في فم الفيل. تستعمل الذكور الأنياب في فرص مختلفة في حياتها، مثلًا: في الصراع مع ذكور أخرى على الإناث هنالك أهمّيّة كبيرة لوجود الأنياب، والفيلة الّتي لا يوجد لها أنياب تتزاوج قليلًا. وجود الأنياب صفة وراثية.

1. أيّ ذكور تتحلى بلياقة أكبر؟ هل تكون هذه الذكور أكثر لياقة في كلّ ظروف البيئة المحيطة؟
2. نجد في معظم عشائر الفيلة، في الطبيعة، تكراريّة عالية للفيلة ذات الأنياب. اشرحوا ذلك حسب آلية الانتخاب الطبيعيّ.

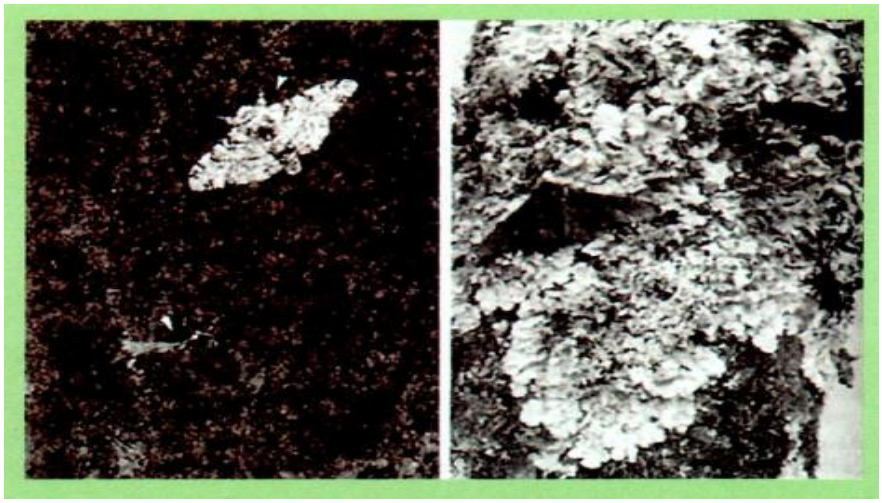
منذ أن وصل الإنسان الأبيض إلى قارة أفريقيا تحوّلت أنياب الفيلة في الغرب إلى سلعة مطلوبة. أدّى اشتهار أدوات الزينة المختلفة المصنوعة من العاج (المادّة المصنوعة منها الأنياب) إلى ارتفاع سعره بشكل كبير جدًّا. تمّ صيد عدد كبير جدًّا من الفيلة كلّ سنة لتلبية الطلب على ذلك، وكلّما كان طول الأنياب أكبر ازدادت رغبة الصيادين في صيد الفيلة. الصيد الزائد المستمرّ منذ 70 سنة يشكّل ضغط على الفيلة، وذلك بالإضافة إلى ضغط الانتخاب الطبيعيّ الّذي يؤثّر على الذكور بسبب اشتراكها في الصراع على الإناث.

في محميات معيّنة في أفريقيا هنالك مراقبة لعمليّة الصيد (وهي ممنوعة)، أمّا في محميات أخرى لا توجد مراقبة.

3. أيّ ذكور تكون لياقتها أعلى في المحميات الّتي يوجد فيها مراقبة على الصيد؟ أيّ ذكور تكون لياقتها أعلى في المحميات الّتي لا يوجد فيها مراقبة على الصيد؟
4. ما هي، حسب تقديركم، مكوّنات عشيرة الفيلة (من ناحية الذكور) اليوم، بعد مرور عشرات السنين من الصيد (كم جيلًا من الفيلة)، في المحميات الّتي لا توجد فيها مراقبة.
5. هل حدثت عمليّة انتخاب طبيعيّ في هذه الحالة؟
6. قارنوا بين مثال أنياب الفيلة ومثال أسماك الجوبي. ما المشترك للمثالين؟

العث في إنكلترا

المثال المشهور الّذي تمّ بحثه (وما زال قيد البحث) في عشائر الطبيعة معروف باسم "الاسوداد الصناعيّ".



عث على جذوع الأشجار في إنكلترا

العث نشيط في الليل، وهو يقضي ساعات النهار، بالأساس، بالاستراحة على جذوع الأشجار وعلى الصخور. في الماضي، كان معظم العث المنقط فاتحًا نسبيًّا. وقد كان العث الغامق قليلًا. في هذه الفترة كانت معظم جذوع الأشجار مغطاة بأشنات لونها فاتح، لذا لم نرى تقريبًا العث، في ساعات الراحة، على خلفية الجذوع والأغصان.

1. ما هي الأفضليّة الّتي أكسبها اللون الفاتح للعث؟

خلال الثورة الصناعيّة في إنكلترا، في القرن التاسع عشر، أُنشئت مصانع كثيرة، وقد أدّى تلوث الدخان والسناج المنبعث من مداخن المصانع إلى موت كمّيّات كبيرة من الأشنات.

جذوع الأشجار الّتي كانت مغطاة بالأشنات أصبحت مغطاة بالسناج تدريجيًّا. ازدادت في هذه الفترة تكراريّة العث القاتم في هذه المناطق الصناعيّة، وفي مناطق معيّنة بلغت أكثر من 90% من معظم العث.

2. حاولوا أن تشرحوا التغيير في مكوّنات عشائر العث.
3. هل تتوقعون تغيير شبيه في مناطق غير صناعيّة في إنكلترا؟

حاول الباحث الإنجليزيّ Bernard Kettewell، في سنوات الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، أن يشرح التغيّر في عشائر العث. اصطاد أفراد غامقة وأفراد فاتحة من العث المنقط، ووضع إشارة عليها، ثم أطلقها واصطادها بعد مرور عدّة أيام. نفّذ التجربة في عدّة أماكن: مناطق صناعيّة فيها جذوع أشجار غامقة، ومناطق غير صناعيّة فيها جذوع أشجار فاتحة.

4. ما هي الفرضيّة الّتي حاول الباحث أن يفحصها؟

أمامكم جدول تظهر فيه نتائج الصيد في منطقة برمينجهام (منطقة صناعيّة):

	عدد العث الّذي أطلق صراحه	**عدد العث الّذي تمّ اصطياده من جديد**	**% للعث الّذي أطلق صراحه وتمّ اصطياده من جديد**
عث غامق	154	82	52.3%
عث فاتح	64	16	25%

5. لماذا لم يتمّ، حسب رأيكم، اصطياد **جميع** العث الّذي أُطلق صراحه من جديد؟
6. لماذا ذكرنا النسبة المئويّة للعث الّذي تمّ اصطياده وليس العدد فقط؟
7. اشرحوا الفرق بين النسبة المئويّة للعث الغامق الّذي تمّ صيده والنسبة المئويّة للعث الفاتح.
8. هل تتوقعون نتائج شبيهة للتجارب الّتي أجراها Kettewell في مناطق غير صناعيّة؟ اشرحوا.

	عدد العث الّذي أطلق صراحه	**عدد العث الّذي تمّ اصطياده من جديد**	**% للعث الّذي أطلق صراحه وتمّ اصطياده من جديد**
عث غامق	473	30	6.3%
عث فاتح	496	62	12.5%

9. هل أدّت البيئة المحيطة الملوّثة إلى تحويل الأفراد إلى غامقة؟ اشرحوا.
10. هل نتائج الباحث مناسبة لآلية الانتخاب الطبيعيّ؟ اشرحوا.

اتّضح أنّ الانتخاب الطبيعيّ في العث معقد أكثر ممّا اعتقد الباحثون في البداية. وُجد في حالات معيّنة أنّ التكراريّة النسبيّة للأفراد الغامقة مقارنة بالفاتحة لم تكن مناسبة للتكراريّة المتوقعة. مثلًا: في منطقة معيّنة غير صناعيّة بلغت تكراريّة الأفراد الغامقة 80%، وفي مناطق صناعيّة معيّنة ازدادت تكراريّة العث الغامق بنسبة أقلّ من المتوقع. كان الادّعاء أنّه في حالات كثيرة تؤثّر على العث قوى انتخاب إضافيّة وليس عامل الافتراس فقط. في ظروف بيئة محيطة معيّنة، مثلًا: يتمّ انتخاب أفراد ذات قدرة على الصمود أمام الأشعة، الطفيليات، التلوث وغير ذلك، دون أي علاقة للونها. هذا مثال إضافيّ لمدى تعقيد ضغط الانتخاب الطبيعيّ الّذي يؤثّر باتّجاهات مضادّة، كما رأينا في مثال أسماك الجوبي وأنياب الفيلة.

الانتخاب الطبيعيّ هو عمليّة تحدُث في الطبيعة دون توجيه محدّد ودون أيّ هدف معروف مسبقًا. الأفراد الّتي تبقى على قيد الحياة صفاتها مناسبة لظروف البيئة المحيطة وتُتيح لها أن تضع أفرادًا كثيرة مقارنة بالأخرى. في حالات كثيرة، هنالك أكثر من إمكانيّة واحدة للبقاء في ظروف بيئة محيطة معيّنة. مثلًا: عندما يتناقص الغذاء على الأرض يمكن أن تكون أفضليّة للزراف الّذي عنقه طويل، ويمكن أن تكون أفضليّة أيضًا للزراف الّذي أرجله طويلة، ولزراف آخر يتغذّى على نوع آخر من الغذاء الموجود بوفرة. لكن بطريقة الصدفة، عندما انخفضت كمّيّة الغذاء تمّ تباين ملحوظ في عشيرة الزراف طويل العنق وليس في طول الأرجل أو تفضيل أنواع الغذاء. ولهذا السبب أثّر الانتخاب الطبيعيّ على هذه الصفة. بكلمات أخرى، تمّ انتخاب الزراف الّذي عنقه طويل بطريق الصدفة وليس نتيجة لتخطيط مسبق يهدف بالذات إلى انتخاب كائن حيّ عنقه طويل، بل لأنّه في الظروف ذاتها كانت على ما يبدو لياقة عالية للأفراد الّتي عنقها طويل.

أسئلة للتلخيص

1. يعيش الصيادون، في المنطقة الشمالية الغربية من المحيط الهادئ، على صيد أسماك السلمون. تغيّرت سنة 1945 طريقة دفع أجرة الصيادين: بدلًا من أن يدفعوا لهم حسب عدد الأسماك الّتي اصطادوها، بدأوا يدفعون لهم حسب وزن الأسماك. كرد فعل لذلك، استعمل الصيادون شِباك ذات فتحات كبيرة تُتيح صيد أسماك سلمون كبيرة فقط. في أعقاب الانتقال إلى هذه الشِباك انخفض معدّل وزن أسماك السلمون تدريجيًّا (خلال خمسة وعشرون سنة) في عدّة أنهار في المنطقة. اشرحوا التغيّر بمساعدة آلية الانتخاب الطبيعيّ.
2. المستحضرات الّتي أُعدت لإبادة القمل كانت أكثر نجاعة قبل عدّة سنوات مقارنة باليوم. ادّعى العلماء أنّ قسم من القمل، اليوم، يتحلى بقدرة الصمود أمام المستحضرات. كيف حدث، حسب رأيكم، هذا الوضع؟
3. معدّل طول النسل، في إسرائيل، أكبر من معدّل طول جيل الوالدين. هل يمكن أن نحدّد أنّ هذا التغيّر طرأ نتيجة للانتخاب الطبيعيّ؟
4. نباتات الطرخشقون المخزني هي نباتات صغيرة، حوليّة، أزهارها صفراء ومنتشرة في الحقول وعلى العشب الأخضر. خرجت مجموعة من الطلاب الأميركيين إلى مقبرة معيّنة، فيها منطقة جديدة ومنطقة قديمة. هنالك اعتناء كبير جدًّا في المنطقة الجديدة، ويتمّ قص العشب الأخضر (ونباتات الطرخشقون المخزني) كلّ عدّة أسابيع. أمّا في المنطقة القديمة لا يتمّ قص العشب الأخضر والنباتات. قطف الطلاب نباتات الطرخشقون المخزني من العشب الأخضر في المنطقتين. النباتات الّتي نمّت في المنطقة الّتي لم يتمّ قصها كانت مختلفة في الطول، أمّا النباتات الّتي كانت في المنطقة الّتي تمّ قص النباتات فيها، كانت جميعها قصيرة، كان طولها كطول العشب الأخضر أو أقصر منه. جمع الطلاب بذور جميع النباتات وزرعوها في المختبر. قارن الطلاب معدّل طول النباتات الّتي تطوّرت – النباتات الّتي نتجت من بذور نباتات المنطقة الّتي تمّ قصّ النباتات فيها مقارنة بالنباتات الّتي نمّت من بذور النباتات الّتي عاشت في المنطقة الّتي لم يتمّ فيها قصّ النباتات. طول النباتات هو صفة وراثية.
   أ. لماذا زرع الطلاب، حسب رأيكم، بذورًا من المنطقتين؟
   ب. ماذا كانت، حسب رأيكم، نتائج المقارنة؟ كيف يمكن شرح ذلك؟
   ت. كيف ستبدو، حسب رأيكم، عشيرة نباتات الطرخشقون المخزني في المقبرة إذا اتُخذ قرار بعدم قص العشب الأخضر؟
5. تمعّنوا مرّة أخرى في الجدول الّذي يعرض أوزان المواليد الأحياء الّذين وُلدوا في المركز الطبي "كرمل" في السنتين 2001 وَ 2002 (الفصل الثاني).
   أ. ماذا يمكنكم القول عن توزيع أوزان المواليد في هذا المستشفى؟
   ب. حاولوا أن تفترضوا، كيف يبدو هذا الجدول لدى المواليد الأحياء الّذين ولدوا في السنوات نفسها في مجتمعات بشريّة غير تكنولوجيّة (دون عمليّات قيصريّة، دون أجهزة حاضنة للأطفال وغير ذلك). اشرحوا إجاباتكم.

ت. هل ما زالت آلية الانتخاب الطبيعيّ تعمل، حسب رأيكم، على أوزان المواليد في العالم الغربيّ؟ اشرحوا.
ث. تمّ في الأمثلة السابقة اختيار أفراد ذات صفات معيّنة (زراف عنقه طويل، فيلة أنيابها قصيرة). ما الّذي يميّز هذه الأمثلة؟

6. أُجري بحث، في سنوات الخمسينيات، في إنكلترا، على نوع معيّن من العشب في منطقتين: المنطقة الأولى عبارة عن منجم نحاس مهجور فيه بقايا من النحاس، والمنطقة الثانية (تقع على بُعد 15 مترًا) خالية من بقايا النحاس.

بيّنت فحوصات في المختبر عدّة نتائج:

1. جميع الأفراد (العشب) الّتي تمّ جمعها من منطقة المنجم كانت ذات قدرة على الصمود أمام النحاس.
2. جميع الأفراد (العشب) الّتي تمّ جمعها من المنطقة البعيدة كانت حساسة للنحاس.
3. القدرة على الصمود هي صفة وراثية.

أ. اقترحوا شرحًا للفرق في قدرة الأعشاب على الصمود أمام النحاس في المنطقتين.

عندما نبتت في المختبر بذور (في تربة خالية من النحاس) أفراد ذات قدرة على الصمود أمام النحاس، من منطقة المنجم، اتّضح في جيل النسل أنّ هناك تباين في درجة الصمود أمام النحاس. أمّا في معظم الأفراد البالغة التي كانت ذات قدرة على الصمود أمام مستويات عالية من النحاس فقد وُجد في جيل النسل أفراد ذات قدرة قليلة على الصمود أمام النحاس.

ب. كيف يمكن أن نشرح الفروق في درجة الصمود بين عشائر النسل وعشيرة العشب البالغة؟

افترض الباحثون أنّ صفة الصمود تؤدي إلى ضرر في العشب، وأنّها تشوش على عمليّات أخرى في النبتة، وهكذا تقلل من احتمال بقائها على قيد الحياة.

ت. ما هي النتائج الّتي تدعم هذه الفرضيّة؟

7. أجري بحث واسع النطاق، في جُزر غالاباغوس، في المحيط الهادئ، على طيور مغردة. نركّز في هذا السؤال على المعطيات الّتي تمّ جمعها، في جزيرة دافنا، على نوع معيّن من الطيور المغردة.

جزيرة دافنا صغيرة (حوالي نِصف كيلو متر مربّع) والمناخ فيها موسميّ. يمكن متابعة الطيور المغردة في الجزيرة بسهولة نسبيًّا، لأنّ تعدادها في الجزيرة قليل (حوالي 1200)، وهنالك هجرة (ترحال) قليلة منها وإليها. يتغذّى الطير المغرد الأرضيّ المتوسط (medium ground finch) بالأساس على البذور الّتي يشقها بمنقاره.

الطير المغرد الأرضيّ المتوسط

بيّن الباحثون أنّ الأفراد الّتي منقارها كبير تأكل بذورًا كبيرة، والطيور الّتي منقارها قصيرة تأكل بذورًا صغيرة.

أ. لماذا وُجدت، حسب رأيكم، ملاءمة عالية بين كبر المنقار وكبر البذور؟

اصطاد الباحثون الطيور، تمّ تأشيرها، نفّذوا قياسات مختلفة وأطلقوا صراحها في الجزيرة. وجد الباحثون تباين بين الأفراد في الصفات التالية: الوزن، طول الجناح، طول الذنب وكبر المنقار.

ركّز الباحثون على التغيّرات في كبر المنقار وفحصوها خلال عشرات السنين (المدّة الزمنيّة لجيل الطير المغرد حوالي سنة). اعتمادًا على الملاءمة بين طول المنقار عند الوالدين وطول المنقار عند النسل استنتج الباحثون أنّ هذه الصفة، على ما يبدو، وراثية. حدث سنة 1977 قحط خطير في الجزيرة وتضررت النباتات. انخفض عدد البذور وتغيّر توافر أنواع بذور مختلفة. على الرغم من أنّه في ظروف معيّنة تتوفر بذور صغيرة ولينة، إلا أنّه في ظروف القحط انخفض تعدادها وبقيت بذور كبيرة.

استمرّ القحط حوالي 18 شهرًا، وماتت معظم الطيور المغردة في ظروف صعبة. بعد أن انتهى القحط، فحص الباحثون عشيرة الطيور المغردة الّتي بقيت على قيد الحياة، ووجدوا تكراريّة عالية للطيور الّتي منقارها كبير نسبيًّا.

ب. حاولوا أن تفترضوا لماذا بقيت الطيور الّتي منقارها طويل على قيد الحياة؟

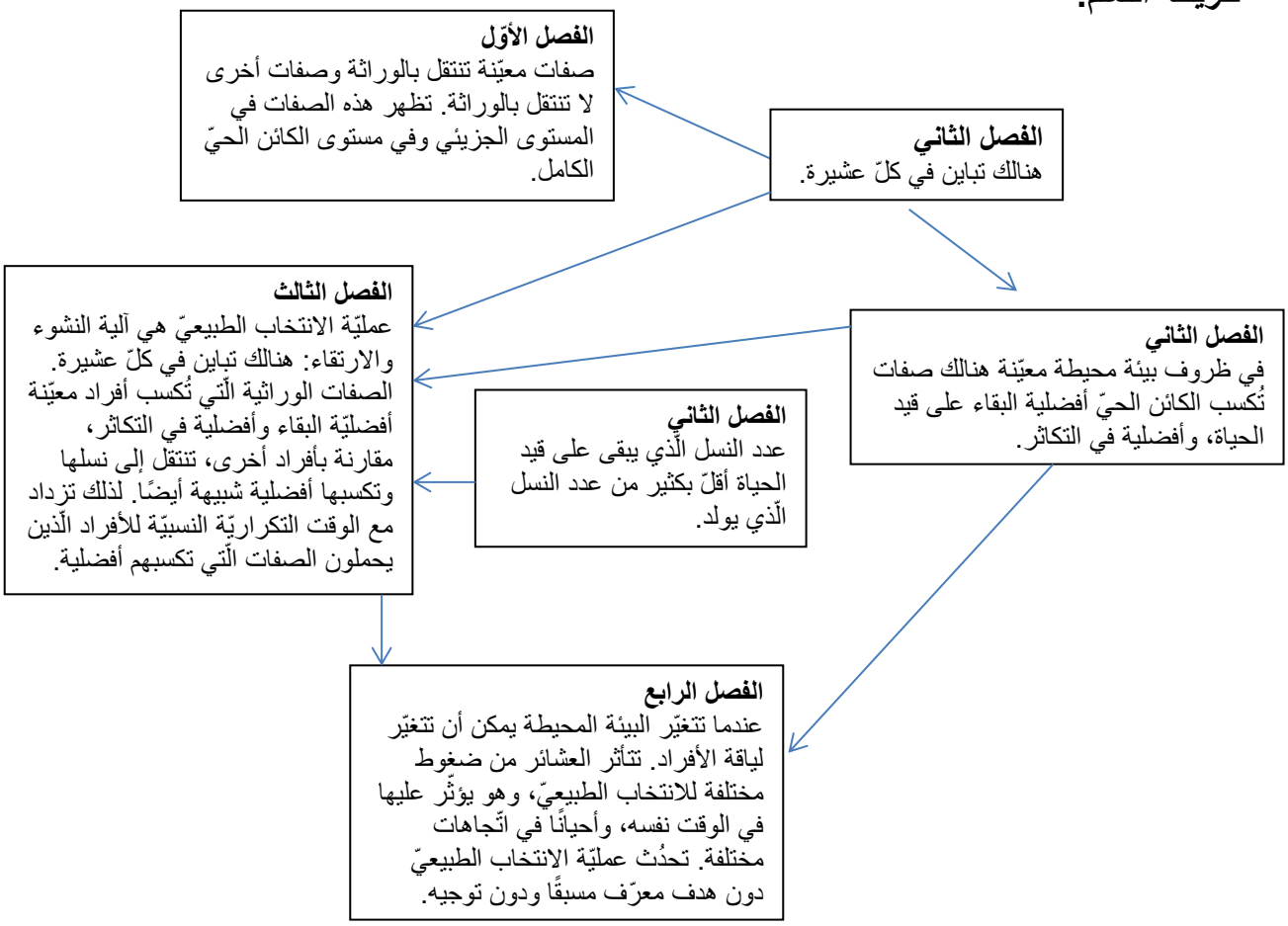
ت. ماذا يحدث، حسب رأيكم، لو استمرّ القحط عدّة سنوات متتالية؟

تلخيص

فحصنا في هذا البحث عدّة أمثلة لعمليّات النشوء والارتقاء الّتي تحدُث بواسطة الانتخاب الطبيعيّ. رأينا أنّ الانتخاب الطبيعيّ يتناول التنافس الموجود بين الأفراد الّتي تنتمي للنوع نفسه. تعلّمنا أنّ العشائر، في الطبيعة، تتأثّر من ضغوط مختلفة للانتخاب الطبيعيّ، وهي تؤثّر عليها أحيانًا باتّجاهات مضادّة. ركّزنا على أنّ عمليّة الانتخاب الطبيعيّ تحدُث دون هدف محدد مسبقًا ودون توجيه. تتميّز الأمثلة الّتي رأيناها في هذا الفصل بمدّة زمنيّة قصيرة تحدُث فيها هذه التغيّرات وبنتائجها الملحوظة.

تحدُث تغيّرات النشوء والارتقاء من حولنا كلّ الوقت، لكن معظمها بطيئة جدًّا ولا نستطيع تمييزها خلال حياتنا أو أنّها مخفية عن عيوننا. ربما يمكن أن نرى قسم من هذه التغيّرات الّتي تحدُث اليوم في المستقبل البعيد.

خريطة التعلّم:



الفصل الخامس: كيف ينتج التباين؟

أمامكم وصف لعدّة ظواهر لجميعها مميّزات مشتركة:

وُلد في قبيلة الماساي، في كينيا، الّتي جميع أفرادها سود طفل أمهق لون بشرته بيضاء، لأنّ جلده لا يحتوي على صبغيات. لون بشرة الوالدان البيولوجيان أسود.

شرح سيمون مائور في كتابه "قزم مندل" عن الباحث القزم الّذي وُلد لوالدين طولهما عاديّ.

لدى عشيرة ذباب الفاكهة (دروسوفيلا)، فقصت، من بيضة، ذبابة سليمة تمامًا في جميع أعضاء جسمها، لكن كان لها زوج مجسات عاجز ولا يعمل.

نُشر خبر في الجريدة عن بكتيريا ضارّة دخلت أنسجة جسم امرأة وأدّت إلى موتها. سُمّيت هذه البكتيريا "البكتيريا المفترِسة". هذا النوع من البكتيريا غير ضار عادةً ، وهو يعيش بشكل دائم في جوف الفم وفي مسالك التنفّس عند الإنسان.

الأمهقية، القزمية، المجسات العاجزة والبكتيريا الضارة هي صفات ظهرت فجأة في العشيرة (لم تظهر هذه الحالات في العشيرة أبدًا). وهي تؤدّي للأفراد الّتي تحملها أن تكون مختلفة جدًّا عن الوالدين وعن سائر أفراد العشيرة.

- حاولوا أن تقترحوا شرحًا لظهور أفراد شاذة في العشيرة. هل الآلية الأساسيّة نفسها تستطيع أن تشرح جميع الظواهر (ظهور الطفل الأمهق في عشيرة قبيلة الماساي، الباحث القزم، المجسات العاجزة والبكتيريا الضارة)؟

تعلّمنا أن الـ DNA هو المادّة الوراثية الموجودة، تقريبًا، في كلّ خليّة من خلايا أجسام الكائنات الحيّة، وهو يشكّل قائمة للتعليمات والتوجيهات المسؤولة عن تطوّر الكائن الحيّ وصفاته. الـ DNA هو جزيء طويل مبني من وحدات متسلسلة. الوحدات متشابهة لكنها غير متماثلة، وعمليًّا هنالك أربعة أنواع من هذه الوحدات.

يمكن أن نقارن بين الـ DNA واللغة العربيّة. يوجد في اللغة العربيّة 28 حرفًا، أمّا في تسلسل الـ DNA توجد أربعة حروف فقط نسمّيها نوكلوئتيدات، وهي أربعة أنواع من الوحدات الّتي تكوّن الـ DNA. كلّ كلمة في لغة الـ DNA مكوّنة من ثلاثة نوكلوئتيدات. وكما هو الأمر في اللغة العربيّة، فإنّ تسلسل الحروف هو الّذي يُنتج معنى الكلمات والجُمل، وكذلك الأمر في تسلسل وترتيب النوكلوئتيدات الّذي يحدّد معنى التعليمات الكامنة فيه. قد يؤدّي التغيير في أحد النوكلوئتيدات إلى تغيير في التعليمات أو إلى تشويهها، وهكذا لا يكون لها أي معنى. نفحص المثال التالي. للمقارنة بين اللغة العربيّة ولغة الـ DNA ركّبنا جملة، كلّ كلمة من كلماتها مكوّنة من ثلاثة حروف.

أكل جاد خبز جاف

معنى هذه الجملة واضح. إذا تغيّر أحد الحروف، مثلًا: الحرف "ج" إلى الحرف "ع" تنتج الجملة التالية: **أكل عاد خبز جعف**. يختلف معنى هذه الجملة عن الجملة الأصليّة بشكل كبير جدًّا. أما إذا تغير الحرف "ب" إلى الحرف "أ" تنتج الجملة أكل جاد خباز جاف. هذه الجملة لها معنى، لكن معناها يختلف تمامًا عن الجملة الأصليّة.

إذا أضفنا إلى الجملة حرف جديد، مثلًا: الحرف "ز" بعد الحرف الأوّل في كلّ كلمة تنتج الجملة: **أزكل جزاد خزبز جزاف** (كما تذكرون كلّ كلمة مكوّنة من تسلسل ثلاثة حروف).

لا يوجد معنى لهذه الجملة.

نسمّي التغيّر في تسلسل الـ DNA (مثلًا: تبديل أحد النوكلوئوتيدات بنوكلوئوتيد آخر) "طفرة". كما ذكرنا يحدّد الـ DNA صفات الكائن الحيّ. مقاطع الـ DNA المختلفة الّتي كلّ واحد منها له تسلسل خاصّ تشترك في تحديد صفات مختلفة. نسمّي كلّ مقطع كهذا جين. يمكن أن يؤثّر تغيير في تسلسل الجين (طفرة) على الصفة الّتي يحدّدها في الكائن الحيّ. كما هو الأمر مع الجُمل في اللغة العربيّة، يمكن أن يؤدّي التغيير إلى تغيير قليل، أو كثير، ويمكن أن يشوه الصفة الناتجة بشكل كامل.

عندما تنتج الصفة الجديدة فإنّها تشكّل صفة لكلّ شيء: في مجمل صفات الكائن الحي لا يوجد فرق بينها وبين الصفات "القديمة" الّتي نتجت في الماضي البعيد (وهي نتجت بواسطة طفرات أيضًا). إذا أثّرت هذه الصفة على لياقة الكائن الحيّ، يؤثّر الانتخاب الطبيعيّ عليها كما هو الأمر مع سائر الصفات.
الطفرات هي مصدر **دائم** لتباين العشيرة.

أكملوا الجدول التالي الّذي يلخص المقارنة بين اللغة الغربيّة ولغة الـ DNA.

اللغة العربيّة	**لغة الـ DNA**
الحرف (يوجد 28 حرفًا)	
	تسلسل ثلاثة نوكلوئوتيدات
الجملة	
كراسة تعليمات	
تغيير في الكتابة	

الجينات والمضاعفة الأمينة

ينتقل الـ DNA في عمليّة الوراثة من جيل إلى آخر، وهو الّذي يُتيح انتقال الصفات الوراثية من الوالدين إلى الأفراد. لكن عندما "يعطي" الوالدان الـ DNA إلى النسل لا يبقيان دون DNA: تتمّ مضاعفة تسلسلات الـ DNA (الجينات) الّتي تحمل تعليمات الصفات بعمليّة الوراثة. تحدُث المضاعفة عند الوالدين، ويحصل كلّ فرد على نسخة واحدة من كلّ جين. السبب للتشابه بين الأفراد والوالدين – ابتداء من الحقيقة أنّ النساء تلد أطفالًا ولا تلد نبتة عباد الشمس أو فيلة صغيرة وحتّى التشابه بشكل الأنف بين الوالدين والأطفال – يكمن بمصداقية مضاعفة الـ DNA.

- ماذا يحدُث، حسب رأيكم، إذا حدث خلل في عمليّة المضاعفة ونتيجة لذلك تغيّر تسلسل الـ DNA (تحدُث طفرة)؟ استعينوا بالمقارنة الّتي أجريناها بين الـ DNA واللغة العربية.

تحدُث الطفرات في الخلايا، خلال مضاعفة الـ DNA، بتكرار قليل جدًّا. يقدّر العلماء أنّه خلال إنتاج مليون خليّة جنسيّة تنتج خليّة واحدة تحتوي على طفرة. تؤدّي عوامل بيئية محيطة معيّنة إلى ازدياد تكرار حدوث الطفرات ونسمّيها مطفرات (تُنتج طفرات). أمثلة على ذلك: أشعة UV (تصل من الشمس)، أشعة رنتجن، أشعة راديوأكتيفية، موادّ كيميائيّة مختلفة كالموادّ الموجودة في سجائر الدخان وفي دخان السيّارات وفيروسات معيّنة.

العلاقة بين الطفرة والصفات – تمرين للتفكير

فكّروا في عشيرة حشرات أزهار الحقول الّتي تشبه عشيرة حشرات أزهار الحقول الّتي تحدثنا عنها في الفصل الثالث. تعيش العشيرة الحالية في منطقة فيها عشب أخضر، وهي مكوّنة من أفراد صفراء وأفراد زرقاء. يتمّ انتخاب طبيعيّ، على مرّ الاجيال، لأفراد زرقاء تموهها الأعشاب بشكل أفضل من الأفراد الصفراء، ولهذا السبب تشكّل اليوم معظم العشيرة.

حدثت طفرة في الـ DNA، في أحد الأفراد الزرقاء في العشيرة، وقد أدّت إلى تغيّرات في لون الأفراد. فكّروا في الإمكانيّات التالية:

1. نتج فردًا أخضر في أعقاب الطفرة. هل يؤثّر ذلك، حسب رأيكم، على مكوّنات العشيرة على مرّ الأجيال؟ اشرحوا.
2. نتج فردًا أبيض في أعقاب الطفرة (اللون الأبيض بارز أكثر على خلفيّة العشب الأخضر مقارنةً بالألوان الأخرى). هل يؤثّر ذلك، حسب رأيكم، على مكوّنات العشيرة على مرّ الأجيال؟ اشرحوا.
3. في أعقاب الطفرة نتج فردًا أزرق عليه نقاط سوداء (تمويه هذا الفرد لا يختلف عن تمويه الفرد الأزرق). هل يؤثّر ذلك، حسب رأيكم، على مكوّنات العشيرة على مرّ الأجيال؟ اشرحوا.
4. حدّدوا لكلّ إمكانيّة من الإمكانيّات التالية هل أدّت الطفرة إلى ازدياد لياقة الفرد، أم إلى انخفاضها أم أنّها لم تؤثّر عليها بتاتًا؟ اشرحوا.

هل تحدد البيئة المحيطة الطفرات الّتي تحدُث؟

خرجت مجموعة من الباحثين ، في نهاية القرن التاسع عشر، في حملة إلى القطب الشماليّ. لم يبقى على قيد الحياة أيّ فرد من أفراد المجموعة، وضاعت أجسامهم في الجليد. قبل حوالي خمسة عشر سنة اكتُشفت أجسام اثنان من أعضاء المجموعة. بما أنّ جسم كلّ إنسان فيه بكتيريا بشكل طبيعيّ، وُجدت بكتيريا في الأجسام المتجمدة. البكتيريا، عكس الكائنات الحيّة المتعدّدة الخلايا، لا تموت عندما تتجمد، وعندما تُنقل إلى درجة حرارة مناسبة بوجود غذاء فإنّها تتطوّر وتتكاثر. أُخذ الباحثون بكتيريا من الأجسام المتجمدة، وفحصوا صمود البكتيريا أمام المضادات الحيويّة.

- هل استطاع العلماء ، حسب رأيكم، أن يجدوا بكتيريا ذات قدرة على الصمود أمام المضادات الحيويّة، على الرغم من أنّ الاكتشاف الأوّل للمضادات الحيويّة تمّ سنة 1928، هذا يعني بعد أن تجمدت البكتيريا؟ علّلوا.
- ماذا يمكن أن نتعلّم من القصة حول ظهور صمود البكتيريا أمام المضادات الحيوية: هل هي رد فعل لوجود المضادات الحيويّة في البيئة المحيطة أم أنّها تحدُث دون أيّ علاقة بالمضادات الحيويّة؟ اشرحوا.

أقلق موضوع عشوائيّة الطفرات باحثون كثيرون على مرّ السنين. فحص يهشوع وإستر لدربرج (Esther Lederberg وَ Joshua Lederberg)، في بداية سنوات الخمسينيات، السؤال التالي: هل الطفرة الّتي تكسب البكتيريا صمود أمام المضادات الحيويّة تَنتج كرد فعل لوجود المضادات الحيوية أو لا توجد أي علاقة بوجود المضادات الحيويّة؟ لفحص السؤال، استغلوا الحقيقة أنّه يمكن تنمية البكتيريا، في المختبر، على صحن بتري يحتوي على غذاء صلب. لا نستطيع أن نرى بكتيريا واحدة دون استعمال المجهر، لكن عندما تتكاثر تُنتج البكتيريا خلال عدّة ساعات ملايين الخلايا المتماثلة الّتي تبقى في المكان نفسه على الصحن، وتنتج مستوطنة صغيرة يمكن رؤيتها بالعين.

نفّذ الزوج لدربرج التجربة التالية:

تمّ زرع بكتيريا في صحن بتري يحتوي على جميع الموادّ المطلوبة لتنمية البكتيريا. تكاثرت البكتيريا ونتجت مستوطنات كثيفة. نسمّي هذا الصحن "الصحن الأصليّ". أخذ الباحثون قطعة خشب مغلّفة بقماش مخمل معقم ولمسوا بواسطته الصحن الأصليّ. التصقت بكتيريا قليلة من كلّ مستوطنة، من الصحن الأصليّ، بخيوط القماش المخمل. وضع الباحثون في المرحلة التالية "ختم" قماش المخمل على عدّة صحون جديدة احتوت على الغذاء والمضادات الحيويّة. احتوت جميع الصحون على نوع المضادات الحيوية ذاتها.

- البكتيريا الّتي استُعملت في التجربة كانت صنف حساس للمضادّات الحيويّة. هل ظهرت، حسب رأيكم، مستوطنات على الصحون التي تحتوي على مضادات حيوية؟ إذا كانت الإجابة نعم فما مصدرها؟

"ختم" الباحثون الصحون الّتي تحتوي على البكتيريا بالطريقة التالية: زُرعت على كلّ صحن البكتيريا ذاتها في المكان نفسه بالضبط. بكلمات أخرى، المستوطنات الّتي ظهرت في المكان نفسه على الصحون الّتي تحتوي على المضادات الحيويّة مصدرها من مستوطنة نمّت في المكان نفسه على الصحن الأصليّ.

فحص الباحثون أين نمّت البكتيريا ذات القدرة على الصمود في كلّ صحن. ما هي النتائج الّتي نتجت، حسب رأيكم؟

إمكانيّة أ: الطفرات الّتي تُكسب البكتيريا المقاومة للمضادات الحيويّة تَنتج كردّ فعل للمضادات الحيوية فقط. في هذه الحالة، لم تحدُث الطفرات على الصحن الأصليّ (لا يحتوي على مضادات حيويّة)، بل حدثت في الصحون الّتي تحتوي على مضادات حيوية فقط.

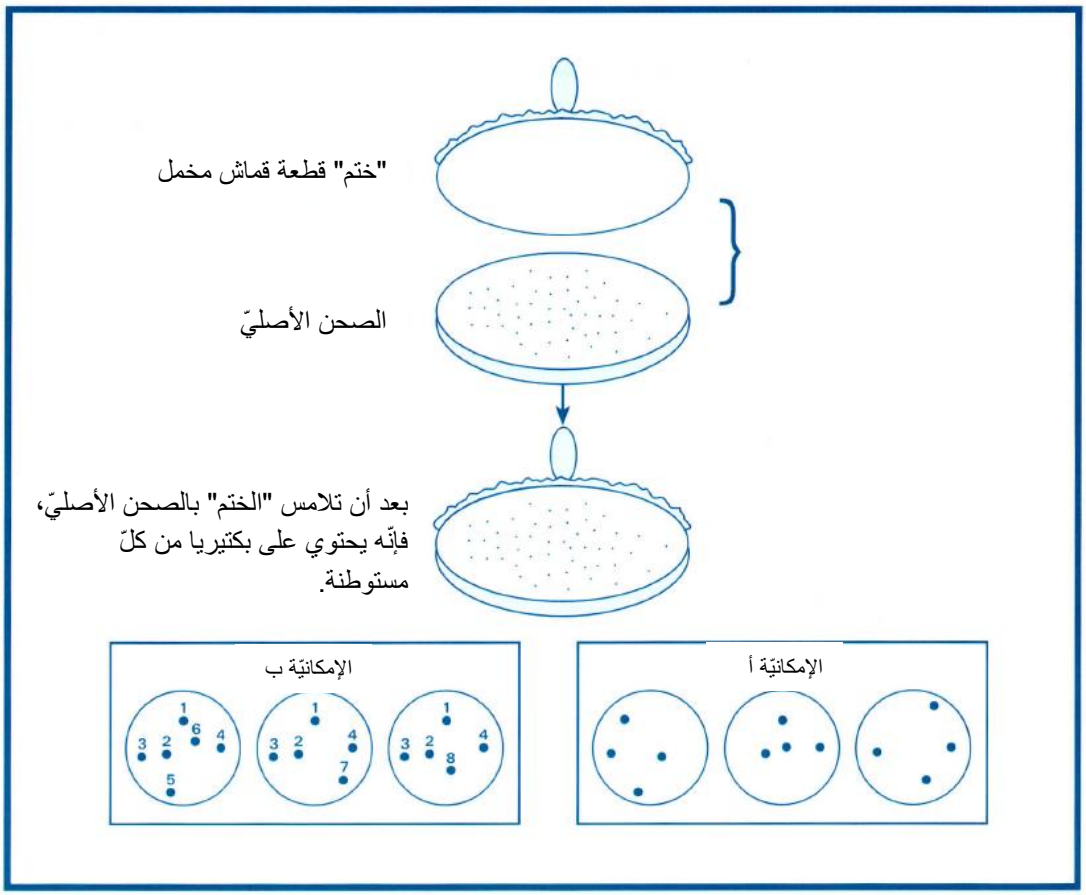
- إذا كانت هذه الإمكانيّة صحيحة، أين تتوقعون أن تنمو المستوطنات الّتي تتحلى بقدرة الصمود (هل في الأماكن نفسها في كلّ صحن، أم في أماكن مختلفة)؟ اشرحوا.

إمكانيّة ب: الطفرات الّتي تُكسب البكتيريا المقاومة للمضادّات الحيويّة تَنتج بشكل تلقائيّ، دون أي علاقة بالمضادات الحيويّة. في هذه الحالة يمكن أن تحدُث الطفرات على الصحن الأصليّ أيضًا.

- إذا كانت هذه الإمكانيّة صحيحة، أين تتوقعون أن تنمو المستوطنات الّتي تتحلى بقدرة الصمود (هل في الأماكن نفسها في كلّ صحن، أم في أماكن مختلفة)؟ اشرحوا.

كانت النتائج مناسبة للإمكانيّة الثانية: لاحظ الباحثون في جميع صحون المضادات الحيوية نموّ مستوطنات في المكان نفسه. كان مصدر هذه المستوطنات من المكان نفسه في الصحن الأصليّ. تدل هذه المستوطنات على أن طفرات الصمود حدثت في البكتيريا في الصحن الأصليّ. كانت الطفرات تلقائيّة، لم تحدُث كرد فعل للبيئة المحيطة (في هذه الحالة للمضادات الحيويّة) ولم تنتج "كي" تُكسب البكتيريا أفضليّة في البيئة المحيطة التي تحتوي على مضادات حيويّة. عندما نُقلت البكتيريا ذات القدرة على الصمود إلى الصحون الّتي تحتوي على المضادّات الحيويّة تكاثرت وأنتجت مستوطنات.

- لو نقل الباحثون "ختم" القماش المخمل من الصحن الأصليّ إلى صحن لا يحتوي على مضادات حيويّة، أين تتوقعون أن تظهر مستوطنات؟
- بالإضافة إلى المستوطنات الّتي ظهرت في المكان نفسه على جميع الصحون الّتي تحتوي على مضادات حيوية، ظهرت عدّة مستوطنات خاصّة، أيضًا، في كلّ صحن. ما مصدر هذه المستوطنات، حسب رأيكم؟
- كيف ساهمت تجربة الزوج لدربرج في فهم العلاقة بين الطفرات والبيئة المحيطة؟



تجربة الزوج لدربرج

هل تؤدّي الطفرات إلى ازدياد اللياقة أم إلى انخفاضها؟

رأينا أنّ صفة المقاومة أمام المضادات الحيوية تؤدّي إلى ازدياد لياقة البكتيريا بوجود المضادات الحيويّة، ولا تؤدّي إلى انخفاض اللياقة، في البيئة المحيطة، دون المضادات الحيويّة. هل ترفع الطفرات اللياقة دائمًا؟ فكّروا، في جملة، في اللغة العربية، ماذا يحدُث، حسب رأيكم، إذا تغيّر أحد الحروف في الجملة بطريقة تلقائيّة؟ ما الاحتمال الأكبر: تحافظ الجملة على معناها، ينتج معنى جديد للجملة، أم لا يكون معنى للجملة؟ اشرحوا.

- تحدُث الطفرات بشكل عشوائيّ، هذا يعني أنّها تحدُث في كلّ مكان في تسلسل الـ DNA للكائن الحيّ. أيّ طفرات تحدُث، حسب رأيكم، بتكراريّة عالية: طفرات تؤدّي إلى انخفاض لياقة الفرد، طفرات تؤدّي إلى ازدياد اللياقة أم طفرات حياديّة (هذا يعني الطفرات الّتي لا تؤثّر على اللياقة)؟ اشرحوا.

هل تنتقل كلّ طفرة بالوراثة؟

رأينا (في الفصل الأوّل) أنّ الصفة يجب أن تكون في الـ DNA كي تنتقل إلى النسل. لكن هل هذا الشرط يكفي؟

- أمامكم ثلاثة أمثلة لطفرات حدثت في أجسام ثلاثة أشخاص.
فكّروا في كلّ طفرة، وأجيبوا هل تنتقل بالوراثة إلى نسل الفرد الّذي يحملها؟

1. طفرة في خلايا الجلد، نتجت نتيجة للتعرّض المستمرّ للشمس وأدّت إلى سرطان الجلد.
2. طفرة في خلايا الرئتين، نتجت نتيجة لتدخين السجائر وأدّت إلى سرطان الرئتين.
3. طفرة في الخلايا الجنسيّة، نتجت نتيجة للتعرض الزائد للأشعة الراديوأكتيفية.

في جميع هذه الأمثلة حدث تغيّر في المادّة الوراثية للأشخاص. على الرغم من ذلك، لا تنتقل الطفرتان الأوّليتان بالوراثة، لأنّ التغيّر حدث في خلايا الجسم وليس في الخلايا التناسليّة (الخلايا المنوية وخلايا البويضات). تنتقل الطفرات بالوراثة إذا حدثت في الخلايا التناسليّة فقط. تطوّرت أمراض وراثيّة في أعقاب طفرة حدثت في الخلايا التناسليّة لفرد معيّن. تنتقل هذه الطفرة إلى النسل وإلى نسل النسل بطريقة تحمل عائلات كاملة الطفرة نفسها على مرّ الأجيال. في المجتمعات الّتي يحدث فيها الزواج داخل المجتمع نفسه فقط، هنالك طفرات تميّز هذا المجتمع، مثلًا: عند اليهود الّذين أصلهم من شرق أوروبا، هنالك طفرة شائعة تؤدّي إلى المرض الوراثي "تاي ساكس". أمّا عند غير اليهود الّذين يعيشون في البيئة المحيطة نفسها، أو اليهود من أصول أخرى، في العالَم، تكون هذه الطفرة نادرة.

عند السود في الولايات المتّحدة هنالك طفرة شائعة نسبيًّا تؤدّي إلى مرض "فقر الدم المنجلي".

- مرض الفينيل كيتونوريا هو مرض وراثيّ. تكراريّة هذا المرض لدى اليهود اليمن عالية نسبيًّا، والمسؤول عن ذلك طفرة معيّنة واحدة. هل حدثت هذه الطفرة، حسب رأيكم، عند الوالدين المفحوصين في الجيل الأخير، أم أنّها حدثت قبل أجيال كثيرة؟

كما ذكرنا، الجينات الّتي طرأت فيها طفرة (تغيّرت) هي جينات تؤثّر على صفات الكائن الحيّ. بما أنّ الطفرات تحدُث كلّ الوقت، فهي تشكل مصدرًا دائمًا للتباين في العشيرة.

هل ينبع كلّ تباين من طفرة؟

معظمنا نشبه والدينا، لكّننا غير مماثلين لهما. هنالك تشابه كبير بين الأخوة الّذين يولدون للوالدين نفسهما، لكنهم غير متماثلين. ما مصدر هذه الفروق؟ هل يمكن أن نشرحها بواسطة طفرات كثيرة حدثت في جيل واحد؟

نُنتج في التمرين التالي، بمساعدة حلوى وأغراض أخرى، عائلة من الكائنات الحيّة: والدان وأفراد، ونتابع تطوّر التباين في العائلة.

لماذا لون عيون أخواني وأخواتي بُنية ولون عينيْ زرقاء؟

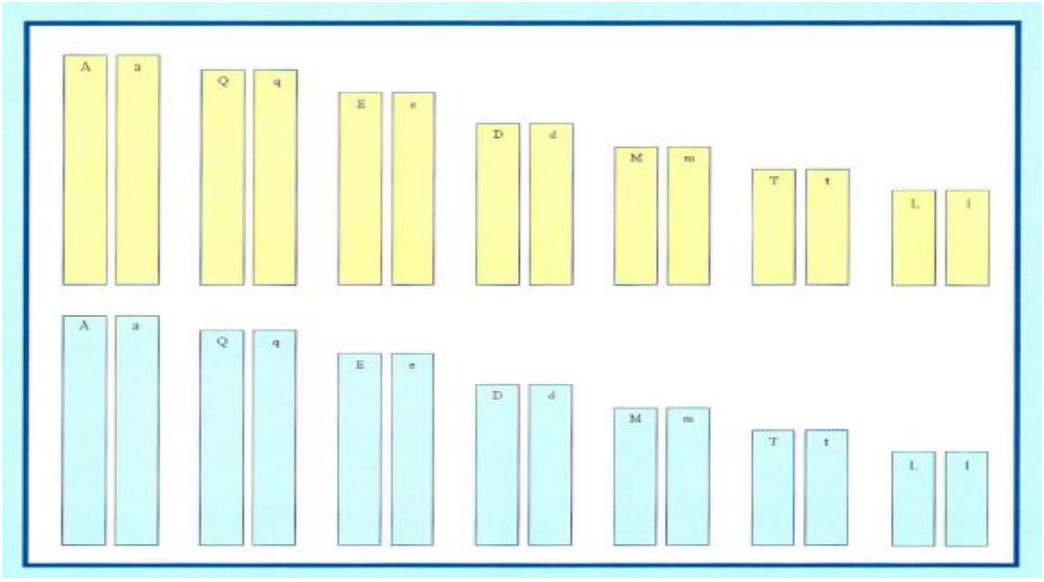
يعرض المعلم أمامكم زوج من الوالدين، جسمهما ورأسهما مصنوعة من قطع حلوى الخطمي (مارشميلو)، مجستاهما من مسامير حمراء، عيونهما من مشابك خضراء وأنفيهما من دبوس أحمر، لهما سنامتان من قطع حلوى ملوّنة، الأرجل من مسامير زرقاء والذنب ملتوٍ مصنوع من منظفات البايب.

الوالدان

يوجد في جميع الكائنات الحيّة كروموسومات، وهي تسلسلات طويلة من الـ DNA. يحتوي كلّ كروموسوم على جينات كثيرة تحدد صفات الكائنات الحيّة. في الحيوانات الّتي تتكاثر بطريقة تزاوجيّه (تناسليّة) تظهر الكروموسومات بأزواج: أحد الكروموسومان في كلّ زوج مصدره من الأب والآخر من الأم. يتمّ تحديد كلّ صفة بواسطة زوج من الجينات، أحدهما مصدره من الأب والآخر من الأُم.

يوجد لدى الوالدان المصنوعان من الحلوى 7 أزواج من الكروموسومات

يحصل كلّ زوج من التلاميذ في أكياس منفصلة على سلسلتين من أشرطة الورق الّتي تمثّل كروموسومات الوالدين الّذين عرضهما المعلم أمامكم: سلسلة واحدة (بيضاء) تمثّل كروموسومات الأم والثانية (الزرقاء) تمثّل كروموسومات الأب. يظهر حرفًا واحدًا على كلّ شريط، وهو يمثّل جين مسؤول عن صفة معيّنة (تذكّروا أنّه في الواقع كلّ كروموسوم مكوّن من جينات كثيرة وليس من جين واحد فقط). انتبهوا: يحصل كلّ أزواج التلاميذ في الصفّ على الكروموسومات نفسها بالضبط!



كروموسومات الوالدان

1. **ترتيب الكروموسومات**: صنفوا الكروموسومات إلى أزواج حسب طولها، كلّ لون بشكل منفرد. الأشرطة الّتي طولها متساوٍ تمثّل كروموسومات من النوع نفسه. وهكذا تحصلون على 7 أزواج بيضاء (للأُم) وَ 7 أزواج زرقاء (للأب). اقلبوها بحيث تكون الحروف موجّهة إلى الأسفل.
2. **إنتاج خلايا تناسليّة**: نمثّل في هذه المرحلة العمليّة الّتي تنتج فيها خلايا تناسليّة عند كلّ والد من الوالدين، بحيث تحتوي كلّ خليّة، في نهاية الأمر، على كروموسوم واحد من كلّ نوع. اختاروا كروموسومًا واحدًا من كلّ نوع بطريقة عشوائيّة. يختار أحد التلاميذ كروموسومات من الأزواج البيضاء (من الأم) ويختار الآخر من الزرقاء (الأب). أعيدوا الأشرطة الّتي بقيت إلى داخل الكيس.
3. **إخصاب**: نمثّل، في هذه المرحلة، عمليّة الإخصاب الّتي يَنتج فيها دمج بين الكروموسومات الّتي ساهمتها الأم والكروموسومات الّتي ساهمها الأب. يشكّل هذا الدمج مجمل كروموسومات الفرد ومجمل جيناته. ضعوا جميع الكروموسومات الّتي اخترتموها على الطاولة. يجب عليكم أن تحصلوا على 7 أزواج، كلّ زوج مكوّن من كروموسوم أبيض وكروموسوم أزرق.
4. **إنتاج النسل**: اقلبوا الكروموسومات بحيث نرى الجينات الموجودة عليها (الحروف المسجّلة على شريط الورق). ابنوا بمساعدة الموادّ الّتي بحوزتكم فردًا من الحلوى حسب الحروف والدليل التالي:

الشيفرة الوراثية للكائن الحيّ المصنوع من حلوى:

AA - مجس أحمر واحد
Aa- مجسان أحمران
aa – دون مجسات
MM – سنامة خضراء واحدة
Mm – سنامتان خضراء
mm - 3 سنامات خضراء
QQ – أنف برتقاليّ
Qq – أنف أحمر
Qq – أنف أصفر
TT أو Tt – ذنب ملتوٍ
Tt – ذنب مستقيم
EE أو Ee عينان خضراء
Ee – 3 عيون خضراء
LL أو Ll - أرجل زرقاء
Ll – أرجل حمراء
dd – مفصلان
DD أو Dd – 3 مفاصل

دليل لبناء نسل من الحلوى

5. **عرض النسل**: ضعوا الكائنات الحيّة المصنوعة من الحلوى الّتي وُلدت على طاولة المعلم. تمعّنوا في الكائنات الحيّة الأخوة (الّتي نتجت بواسطة أزواج أخرى في الصفّ).

نقاش حول النتائج:

1. بماذا تتشابه الكائنات الحيّة المصنوعة من الحلوى؟ مما ينبع هذا التشابه بينها؟
2. مما ينبع الاختلاف بين الكائنات الحيّة المصنوعة من الحلوى؟
3. هل تستطيعون أن تجدوا فردين متماثلين بالضبط؟
4. هل تستطيعون أن تجدوا فردًا مماثلًا لأحد الوالدين بشكل مطلق؟
5. أكملوا الجدول التالي الّذي يلخص المقارنة بين المحاكاة والتكاثر الجنسيّ.

محاكاة الكائنات الحيّة المصنوعة من قِطع الحلوى	التكاثر الجنسيّ
أشرطة الورق	
الحروف على أشرطة الورق	
	إنتاج الخلايا التناسليّة في كلّ والد، كلّ واحد منهما مكوّن من دمج عشوائيّ للكروموسومات
	خلايا تناسليّة
دمج سلسلتيْ أشرطة الورق	
بناء الكائنات الحيّة المصنوعة من الحلوى حسب الدليل	

6. ما العلاقة بين تنوع الكائنات الحيّة المصنوعة من الحلوى (الّتي حصلتم عليها) والحقيقة أنّ التكاثر كان تناسليًّا؟
7. لو تمّت المحاكاة في صفّ آخر أيضًا، وتمعّنتم في جميع النسل المصنوع من الحلوى، هل تستطيعون أن تجدوا عندئذ فردين متماثلين بالضبط؟ هل تستطيعون أن تجدوا فردًا مماثلًا لأحد الوالدين بالضبط؟ حاولوا أن تشرحوا إجاباتكم.
8. يوجد، في الواقع، لكلّ كائن حيّ أكثر من سبع صفات. ماذا يمكنكم القول عن احتمال الحصول على أفراد مماثلة بالضبط للوالدين (لهذا أو لذاك) في الواقع؟
9. كما هو الأمر مع كلّ محاكاة، هذه المحاكاة، أيضًا، لا تمثّل الواقع بشكل كامل، وهنالك فروق بينها وبين الواقع. بماذا تختلف هذه المحاكاة عن التكاثر التناسلي؟

رأينا في المحاكاة أنّ النسل الّذي وُلد لوالدين يتكاثران بطريقة جنسيّة يشبهون الوالدين لكنهم غير مماثلين لهم. هنالك تشابه بين الأخوة والأخوات لكن لا يوجد تماثل. رأينا أنّ هذه الفروق تنبع من العدد الهائل لإمكانيّات الدمج الممكنة بين الجينات. يظهر في كلّ فرد دمج آخر يحدّد مجمل الصفات الخاصّة، وهكذا يحدّد لياقته.

دمج الصفات هو مصدر أساسيّ دائم للتباين في العشيرة الّتي تتكاثر بطريقة تناسليّة. رأينا، في بداية الفصل، أنّ الطفرات هي مصدر دائم للتباين. لكن في حين أنّ الطفرات نادرة نسبيًّا، يحدُث دمج جديد بين الجينات (التي تنتج بالتكاثر التناسليّ فقط) بشكل دائم. يؤثّر الانتخاب الطبيعيّ على هذا التباين دون أي علاقة بالطريقة الّتي ينتج بها، ويختار الانتخاب الطبيعي النسل الملائم أكثر.

من يحتاج الجنس؟

تستطيع نباتات كثيرة أن تتكاثر بطريقة جنسيّة وبطريقة لا جنسيّة. نبتة البطاطا هي مثال على ذلك. عندما تتكاثر البطاطا بطريقة تناسليّة تُلقح حبيبات اللقاح الذكريّة المبيض، ونتيجة لذلك تنتج بذور، ويتطوّر فرد واحد مكوّن من دمج صفات خاصّة. بطريقة التكاثر اللاجنسي تخرج من براعم ("عيني") حبة البطاطا امتدادات تتطوّر إلى نباتات بالغة. إذا لم تحدُث طفرات تكون هذه النباتات مماثلة للوالد بالضبط.

- أين تتوقعون أن يكون تباين أكبر – بين نسل عشيرة بطاطا تتكاثر بطريقة جنسيّة أم بين نسل عشيرة بطاطا تتكاثر بطريقة لا جنسيّة.

ينتج التباين بواسطة إنتاج طفرات عشوائيّة في الـ DNA وبواسطة دمج جديد وعشوائيّ بين الجينات الموجودة. تتمّ الآليتان عند الكائنات الحيّة الّتي تتكاثر بطريقة جنسيّة، لذا التباين بينها كبير نسبيًّا. أمّا عند الكائنات الحيّة الّتي تتكاثر بطريقة لا جنسيّة، فإنّ الطفرات، فقط، هي مصدر التباين، لذا فهو أقلّ.

- سافرت مجموعة من أصحاب البيارات، في مدينة الخضيرة، إلى كاليفورنيا، وأخذوا انطباعًا حسنًا من صنف معيّن، من البرتقال الّذي يُنتج ثمارًا لذيذة الطعم. تحمسوا كثيرًا لدرجة أنّهم قرروا أن يبدلوا جميع الأشجار في بياراتهم إلى صنف الأشجار من كاليفورنيا، وقد احتوت بياراتهم على عدّة أصناف، قسم منها يُنتج ثمارًا كثيرة وقسم منها يُنتج ثمارًا قليلة. ما رأيكم؟ هل قرارهم حكيم؟ استعملوا، في إجاباتكم، فكرة الانتخاب الطبيعيّ.
- أيُّهما احتمال بقائه أكبر إذا تغيّرت ظروف البيئة المحيطة – العشيرة الّتي تتكاثر بطريقة جنسيّة أم العشيرة الّتي تتكاثر بطريقة لا جنسيّة؟

من ناحية العشيرة، هنالك وظيفة مركزية للتباين في تكاثر العشيرة بطريقة جنسيّة وبطريقة لا جنسيّة. لولا وجود فيلة دون أنياب إلى جانب فيلة مع أنياب، ولولا وجود عشيرة بكتيريا تتحلى بقدرة الصمود للمضادات الحيوية، لا تستمرّ هذه العشائر في البقاء على قيد الحياة، في ظروف بيئة محيطة يظهر فيها عامل انتخاب طبيعيّ يبيد معظم النسل الآخر (الصيادون في حالة الفيلة، والمضادات الحيويّة في حالة البكتيريا). بسبب التباين تستطيع عشائر أن تستمرّ في البقاء حتّى إذا تغيّرت ظروف البيئة المحيطة.

يمكن أن نقدّم، الآن، الإجابة الكاملة للسؤال: **كيف تغيّر طول عنق الزراف على مرّ الأجيال؟**

بشكل عام، تتغيّر العشائر على مرّ الأجيال، هذا يعني أنّها تمرّ بعمليّة النشوء والارتقاء بمساعدة دمج عمليتين غير مرتبطتين ببعضهما:

الأولى عشوائيّة بشكل مطلق – هذه عمليّة إنتاج التباين (بواسطة الطفرات والتكاثر الجنسيّ). الثانية غير عشوائيّة – وهذا هو الانتخاب الطبيعيّ الّذي في ظروف بيئة محيطة معيّنة يوجد له اتّجاه.

كيف استطال عنق الزراف؟ العمليّة العشوائيّة لإنتاج التباين هي الّتي أدّت إلى وجود تباين في طول عنق النسل في عشيرة الزراف القديم. في عمليّة الانتخاب الطبيعيّ، تمّ اختيار النسل الّذي عنقه أطول، وكان مناسب أكثر للبيئة المحيطة. أحيانًا، خلال الأجيال، تحدُث (وما زالت تحدُث) طفرات عشوائيّة. حسّن قسم قليل منها اللياقة بواسطة استطالة العنق، وفي كلّ مرّ حدث فيها انتخاب طبيعيّ تمّ اختيار هذا القسم من الزراف. على مرّ الأجيال، ازدادت تكراريّة النسل الّذي عنقه طويل وازداد معدّل طول العنق.

أسئلة للتلخيص

1. تحلّل بكتيريا الفلبوبكتيريوم (Flavobacterium) النايلون. النايلون هو اختراع جديد نسبيًّا (قبل سنة 1937 لم تكن نفايات بلاستيكيّة في العالَم)، لكن يعتقد العلماء أنّ الجين المسؤول عن تحليل النايلون نَتج قبل اختراع النايلون. لم تكن لدى البكتيريا القدرة على المعرفة أنّه في المستقبل سيتمّ اختراع مادّة اسمها نايلون وأنّ هذه المادّة ستشكل غذاء لها. أيّ فكرة تعلّمناها، في هذا الفصل، يمكن أن ندعمها بواسطة هذا المثال؟

2. قرّر أحد قراصنة البحر أنّه من الأفضل أن يولد له نسل مع ثقوب في شحمة الأذن، وذلك بدلًا من أن يُثقب، كلّ مرة، أُذن كلّ ولد. نفترض أنّ اللص يستطيع أن ينفّذ في الـ DNA الّذي يملكه التغييرات الجينية لإنتاج ثقوب في شحمة الأذن، في أيّ خلايا من الأفضل أن يعمل التغييرات؟

أ. خلايا شحمة الأذن.
ب. خلايا الأذن.
ت. الخلايا التناسليّة (الخلايا المنوية والبويضات).

3. لو استطعنا أن نعود إلى عشيرة الزراف السابقة، هل تتطوّر صفة العنق الطويل مرّة أخرى؟

4. لون القوقعة، في الحلزونات، صفة وراثية. أمامكم وصف لعشيرتين من الحلزون تنتمي إلى النوع نفسه:

العشيرة 1: حلزونات قوقعتها بيضاء.

بيت التنمية: منطقة رمال البحر الخالية من النباتات.

العشيرة 2: حلزونات قوقعتها مخططة.

بيت التنمية: منطقة فيها نباتات.

تقلل القوقعة البيضاء من مدى التسخين الناتج من الشمس، لذا تتحلى الحلزونات ذات القوقعة البيضاء بأفضلية في بيئة معرضة لأشعة الشمس، والقوقعة المخططة تموه المفترِسات بشكل أفضل بين الجنبات (شجيرات)، لذا تتحلى الحلزونات ذات القوقعة المخططة بأفضلية في بيئة محيطة فيها نباتات. نقل باحث عدّة حلزونات قوقعتها بيضاء إلى منطقة فيها نباتات. فحص الحلزونات ووجد، جيل بعد جيل، ظهور أفراد قوقعتها بيضاء، وقد افترست القوارض معظمها. بعد مرور عدّة أجيال، بالإضافة إلى الحلزونات الّتي قوقعتها بيضاء وجد الباحث حلزونات قوقعتها منقطة. افترض الباحث أنّ حدوث طفرة هو السبب لظهور حلزون قوقعته منقطة.

- هل هنالك علاقة بين ظهور حلزون قوقعته منقطة والانتقال إلى بيئة محيطة فيها نباتات؟ اشرحوا إجاباتكم.
- هل يظهر الحلزون الّذي قوقعته منقطة لو ترك الباحث عشيرة الحلزونات الّتي قوقعتها بيضاء في بيئة محيطة خالية من النباتات؟ اشرحوا إجاباتكم.

5. أمامكم حدثان، يشمل كلّ واحد منهما سلسلة مكوّنة من ثلاث صور تصف عشيرة أرانب في أجيال مختلفة. تمثّل الأرانب السبعة، في كلّ صورة، العشيرة كلها في الجيل نفسه. في المنطقة الّتي تعيش فيها هذه العشيرة، الأرنب الّذي فروته فاتحة تموه المفترِسات بشكل أفضل من الأرنب الّذي فروته غامقة، لذا تتحلى الأولى بأفضلية بقاء على قيد الحياة وبحماية من الطيور المفترِسة.

الحدث رقم 1: حدثت طفرة في اللون الأبيض، في الفروة، قبل ظهور الطير المفترِس.

الحدث رقم 2: حدثت طفرة في اللون الأبيض، في الفروة، بعد ظهور الطير المفترِس.

أحيطوا بدائرة الإمكانيّة الصحيحة:

أ. هنالك احتمال أكبر أن يحدُث الحدث رقم 1.

ب. هنالك احتمال أكبر أن يحدُث الحدث رقم 2.

ت. هنالك احتمال متساوٍ للحدثين.

ث. لا نستطيع أن نحدّد.

اشرحوا إجاباتكم.

تلخيص

تعلّمنا، في هذا الفصل، أنّ الصفات الوراثية الجديدة تنتج بواسطة آليتين:

الأولى موجودة لدى جميع الكائنات الحيّة، وهي مرتبطة بتغيّرات عشوائيّة في تسلسل الـ DNA (طفرات). على الرغم من أنّ الطفرات عشوائية، إلّا أنّ معظمها تؤدّي إلى انخفاض اللياقة، لكن هنالك طفرات لا تؤثّر على اللياقة، وهنالك طفرات أخرى تؤدّي إلى ازدياد اللياقة. الطفرات تلقائيّة ولا تحدُث كرد فعل لظروف البيئة المحيطة. تنتقل بالوراثة إذا حدثت في الخلايا التناسليّة فقط.

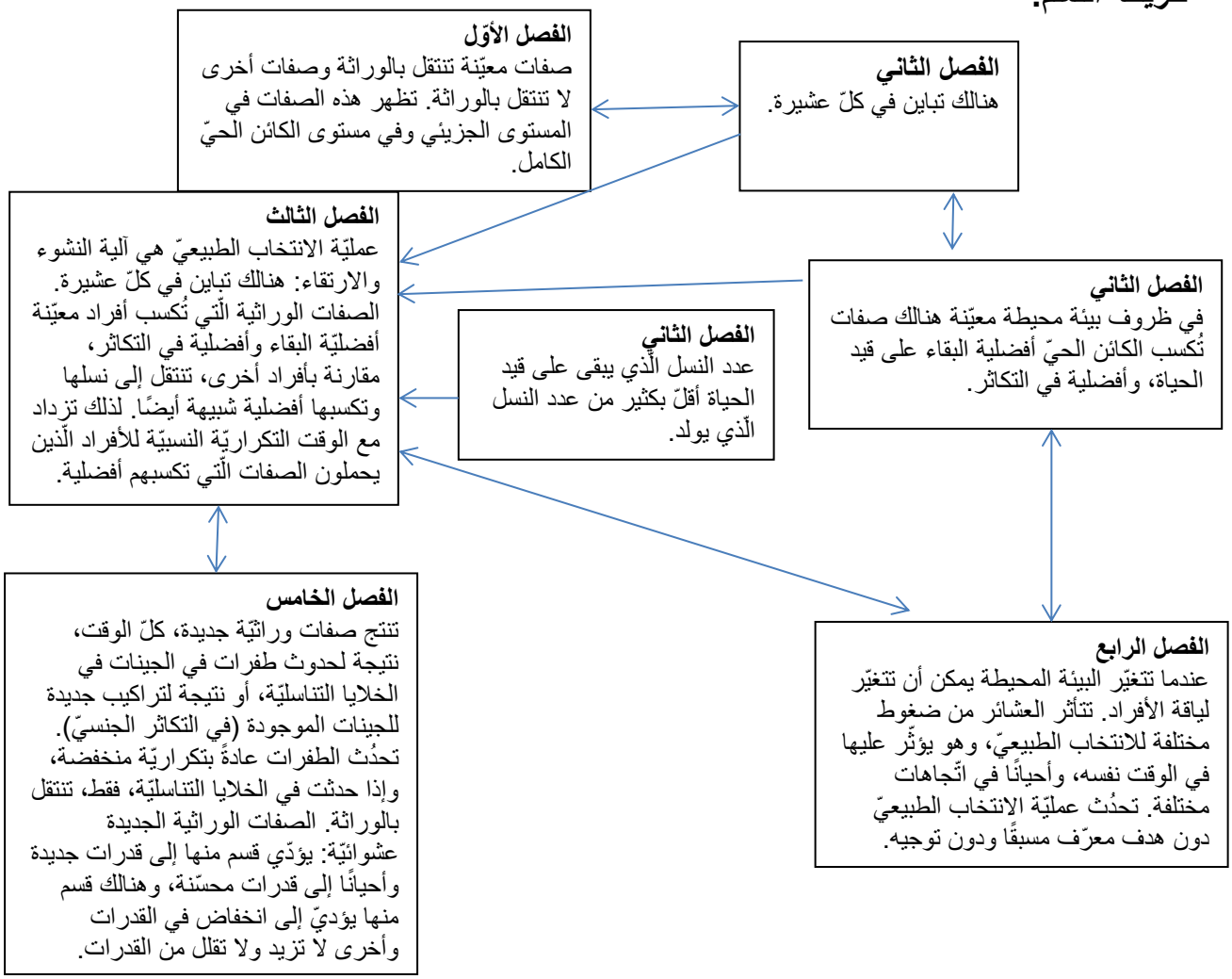
تحدُث الآلية الثانية لإنتاج التباين في عشيرة كائنات حيّة تتكاثر بطريقة جنسيّة، وهي تظهر بواسطة دمج عشوائيّ لعدّة جينات.

هاتان الآليتان هما مصدر دائم للتباين في العشيرة. الطفرات نادرة نسبيًّا، لكن التراكيب الجديدة للجينات تحدُث دائمًا. يؤثّر الانتخاب الطبيعيّ على التباين دون أيّ علاقة بالطريقة الّتي نتج فيها، وهو يختار النسل الملائم جدًّا.

التباين يرفع من احتمال بقاء العشيرة، إذا تغيّرت ظروف البيئة المحيطة تكون هنالك أفراد مناسبة للبيئة المحيطة الجديدة، وهي تنجب أفراد جديدة.

تتغيّر العشائر على مرّ الأجيال بواسطة الدمج بين عمليتين غير مرتبطتين الواحدة بالأخرى. الأولى هي عمليّة إنتاج التباين وهي عمليّة عشوائيّة، والثانية عمليّة الانتخاب الطبيعيّ وهي ليست عشوائيّة.

خريطة التعلّم:



المصطلحات الجديدة الّتي تعلّمناها في هذا الفصل:

طفرة

مطفرات

تكاثر جنسيّ

تكاثر لا جنسيّ

الفصل السادس: هل يمكن أن تتراكم التغيّرات؟

"الافتراض أنّ الانتخاب الطبيعيّ أنتج العين المعقدة .... يجب أن أعترف أنّه سخيف جدًّا". من كتاب تشارلس داروين "أصل الأنواع".

رأينا، في الفصل السابق، أنّه في كلّ عشيرة من عشائر الكائنات الحيّة، وفي كلّ عشيرة من الكائنات الحيّة المتماثلة، يَنتج كلّ الوقت تباين نتيجة للطفرات أو التراكيب الجديدة للجينات الّتي تنتج في التكاثر الجنسيّ. لكن هل يمكن أن تكون الطفرات العشوائيّة وتراكيب الجينات مسؤولة عن صفات مثيرة للإعجاب ومعقدة، مثل: خرطوم الفيل أو عنق الزرافة؟ نتمعّن، على سبيل المثال، في العين. هذا العضو معقد جدًّا، وهو يشمل آلية بصريّة وآلية عصبيّة، حيث يكسبنا دمجهما قدرات عجيبة: استيعاب معلومات، نقلها إلى الدماغ، تقدير أبعاد، تمييز صور ومعرفة شخصيات. من الواضح أنّ أداء وتطوّر هذه الآليات مرتبط بتدخل جينات كثيرة جدًّا. إذا كان الأمر كذلك، كيف تطوّرت العين، هل تطوّرت مرّة واحدة مع كلّ تعقيداتها، أم أنّها تطوّرت تدريجيًّا بخطوات صغيرة محسوبة تراكمت، في نهاية الأمر، إلى تغيير كبير؟ هل يمكن أن تكون الصفات المعقدة نتيجة لتراكم طفرات منفردة أم أنّها تراكيب جينات عشوائيّة؟

للإجابة عن السؤال نفّذوا فعّاليّة المحاكاة التالية:

نشوء وارتقاء "الأسماك المسطحة"

نتخيل، في الفعّاليّة التالية، أجداد كائن حيّ خياليّ اسمه "سمك مسطح" يتكاثر بطريقة لا جنسيّة.

- كيف يبدو، حسب رأيكم، نسل الكائن الّذي يتكاثر بطريقة لا جنسيّة بعد عدّة أجيال، هل يكون مماثل للأصل حسب الـ DNA، يختلف عن الأصل وربما لا يمكن معرفة ذلك؟

سير الفعّاليّة:

يحصل كلّ تلميذ يجلس في المقعد الأوّل على ورقة عليها رسمة سمكة. هذه هي السمكة المسطحة. يقيس المعلم 15 ثانية، ويطلب من كلّ تلميذ أن ينسخ السمكة على الورقة الّتي بحوزته (يجب أن يعتمد في عمليّة النسخ على الرؤية وأن لا يضع الورقة الفارغة على الورقة المرسومة عليها السمكة). في نهاية الـ 15 ثانية يعطي كلّ تلميذ الورقة التي رسم عليها إلى التلميذ الذي يجلس خلفه، وفيما بعد يتمّ قياس 15 ثانية إضافيّة وهكذا دواليك، حتّى ينسخ التلميذ الأخير رسمة السمكة المسطحة. يمرر التلميذ الورقة التي رسمها فقط، وتبقى معه الورقة التي حصل عليها.

1. قارنوا بين الرسومات الّتي نتجت في التسلسل الّذي تجلسون فيه الواحد خلف الآخر (العمود)؟
2. ماذا تمثّل المحاكاة في الواقع؟ أكملوا الجدول التالي:

المحاكاة	الواقع
الورقة الأصليّة	
النسخ المختلفة	
نقل الورقة	
التغيّرات الّتي تحدُث في الرسمة	

3. هل الأفراد الأخيرة الّتي نتجت تختلف عن الوالد الأوّل؟ بماذا؟
4. هل هنالك فرق في مدى التشابه بين نسل الأجيال المختلفة (النسخة الّتي رُسمت في عمليّة النقل الأولى، النسخة الّتي رُسمت في عمليّة النقل الثانية وهكذا دواليك) والسمكة الأصليّة؟ اقترحوا شرحًا للظاهرة.
5. ماذا يحدُث، حسب رأيكم، لو كان طول التسلسل الّذي تجلسون فيه ضعفي الطول الحقيقيّ؟ أربعة أضعاف؟
6. صوغوا استنتاجًا عامًا يربط بين عدد الأجيال الّتي تنتقل وعدد التغيّرات الّتي يمكن أن تتراكم في الأسماك المسطحة مقارنة بالسمكة الأصليّة. ادّعموا استنتاجاتكم بواسطة المحاكاة.
7. جدوا تغيرًا (طفرة) ظهر في الأفراد الأولى. هل انتقل هذا التغيّر دائمًا إلى الأفراد الّتي وُلدت فيما بعد؟ ماذا يمكن أن نتعلّم من ذلك؟ هل يتراكم كلّ تغيّر بالضرورة وينتقل إلى الجيل القادم؟
8. نفترض أننا ننفّذ العمليّة على أجيال كثيرة (ألف جيل)، هل يمكن أن تتراكم، حسب رأيكم، تغيّرات كثيرة لدرجة أنّه لا يكون تشابه، تقريبًا، بين الفرد الأخير في سلسلة الأسماك المسطحة والفرد الأصليّ؟ علّلوا.
9. ما هي أوجه الشبه وأوجه الاختلاف بين الأسماك المسطحة والعمليّة الحقيقية الّتي تحدُث في الطبيعة من حيث التكاثر، تكراريّة التغيّرات، نوع التغيّرات، تراكم التغيّرات، اتّجاه التغيّرات والتشابه بين الكائنات الحيّة الّتي تنتمي إلى السلسلة.
10. اشرحوا حسب مبادئ الانتخاب الطبيعيّ، ما معنى تغيّرات متراكمة؟ صفوا ماذا يحدُث في العشيرة عندما يحدُث تغيّر واحد، وماذا يحدث، بعد ذلك، للتغيّرات القادمة؟
11. تابعنا في المحاكاة التغيّرات الخارجيّة في الأسماك المسطحة. هل يمكن أن تحدُث عمليّة شبيهة في التغيّرات الأخرى في الكائنات الحيّة: في مبنى الأعضاء الداخليّة، السلوك والعمليّات البيوكيميائيّة؟ اشرحوا.

قد يؤدّي تراكم التغيّرات في عمليّات الانتخاب الطبيعيّ إلى "تطوّر" الكائنات الحيّة وإلى ملاءمة عجيبة بين الكائنات الحيّة والبيئة المحيطة. نفحص عدّة أمثلة لهذه الملاءمة.

البكتيريا في كلّ مكان

تزوّدنا البكتيريا بأمثلة كثيرة لملاءمة خاصّة بين الكائنات الحيّة وظروف البيئة المحيطة. تبقى أنواع معيّنة على قيد الحياة في ظروف متطرفة، تزدهر وتنجح في الظروف نفسها فقط، مثلًا:

√ يمكن أن نجد بكتيريا في البحر الميت المسمّى بهذا الاسم بسبب ملوحته العالية الّتي لا تُتيح لمعظم الكائنات الحيّة أن تبقى على قيد الحياة فيه.

√ البكتيريا الّتي تعيش في أجسامنا، في المعدة الّتي تحتوي على حامضية قويّة جدًّا بشكل خاصّ (درجة الـ PH فيها 1.5-2).

√ تعيش بكتيريا معيّنة في مناطق تسودها درجات حرارة متطرفة، مثل: القطب الشماليّ المتجمد، ينابيع المياه الحارة (المياه تغلي فيها!).

- نتج البحر الميت تدريجيًّا بواسطة التبخر المستمرّ للماء. تزداد الملوحة، مع مرور الوقت، بسبب تبخر المياه ورسوب الأملاح. تخيلوا نوعًا معيّنًا من البكتيريا الّتي تعيش اليوم في البحر الميت.
  حاولوا أن تصفوا عمليّة النشوء والارتقاء الّتي مرّت بها عشيرة الكائنات الحيّة في البحر الميت.

فراشة أم ورقة؟

تمعّنوا في صور الفراش التالية:

فراشة الورقة الميتة – تتشابه مع الأوراق بشكل كامل تقريبًا

تشبه هذه الأفراد الأوراق الميتة بشكل كبير جدًّا بسبب شكل الأجنحة، النماذج الّتي تظهر في الطرف السفليّ والألوان. إذا كان الأمر كذلك، غير مفاجئ أن نسمّي هذا الكائن الحيّ فراشة الورقة الميتة (Dead leaf butterflies). يتميّز جميع فراش الأوراق الميتة بتشابه كبير جدًّا للأوراق، ومن هذه الناحية التباين بينها قليل. يعيش هذا الفراش عادةً في مناطق ماطرة فيها غابات، ونادرًا نراها في مناطق مفتوحة.

1. بماذا تظهر الملاءمة بين فراش الأوراق الميتة وبيئتها المحيطة؟
2. كيف تطوّر، حسب رأيكم، تمويه فراش الأوراق الميتة؟ حاولوا أن تفصّلوا مراحل العمليّة.
3. حاولوا أن تشرحوا لماذا انخفض التباين لدى هذه الأفراد، اليوم، في القدرة على التمويه؟
4. أعطوا أمثلة لصفة معقدة (أو لأعضاء معقدة) في الكائنات الحيّة. حاولوا استرجاع عمليّات النشوء والارتقاء الّتي أدّت إلى التطوّر.

وفقًا للظروف

عندما تعلّمنا عن آلية الانتخاب الطبيعيّ ركّزنا على أن العشائر تتغيّر (بواسطة ازدياد تكراريّة الملاءمة تدريجيًّا) وليس الأفراد نفسها. إذا عدنا إلى مثال الزراف نجد أنّ الزراف الّذي عنقه قصير لم يؤدّي إلى استطالة عنقه بشكل مقصود ولم يتحوّل إلى زراف عنقه طويل، لكن تكراريّة الأفراد الّتي عنقها طويل ازداد في العشيرة.

بالمقارنة مع ذلك، هنالك حالات تتغيّر فيها صفات الفرد نفسه عندما تتغيّر ظروف البيئة المحيطة. مثال على ذلك، ثعلب القطب الشماليّ الّذي يعيش في منطقة ينصهر (يذوب) فيها الجليد. في الشتاء فروته بيضاء أمّا في الصيف لونها بُني – رماديّ. هل يمرّ الفرد بعمليّة النشوء والارتقاء؟ لا! يدور الحديث، في هذه الحالة، حول ظهور مختلف للفرد نفسه، وهو يظهر في ظروف بيئية محيطة مختلفة.

ثعلب القطب الشماليّ المتجمد (Alopex Lagopus) في الشتاء والصيف

1. أيّ أفضليّة يكتسبها ثعلب القطب الشماليّ المتجمد في أعقاب قدرته على تغيير لون الفروة في كلّ فصل؟
2. هل يتناقض مثال الثعلب مع آلية الانتخاب الطبيعيّ؟

نسمّي عمليّة استطالة عنق الزراف **ملاءمة النشوء والارتقاء**. أمّا تغيّر لون فروة ثعلب القطب الشماليّ المتجمد نسمّيها **ملاءمة فسيولوجيّة**. ملاءمة النشوء والارتقاء بخصوص فروة الثعلب هي تطوّر فروة ليست بيضاء وليست بُنية، بل فروة تتحلى بقدرة التغيّر في كلّ موسم وفقًا لظروف البيئة المحيطة. بكلمات أخرى: ملاءمة النشوء والارتقاء للفروة هي تطوّر قدرة تنفيذ الملاءمة الفسيولوجيّة.

رأينا، في الفصل الأوّل، أنّ صفات وراثية كثيرة تتأثّر من ظروف البيئة المحيطة أيضًا. في هذه الحالات، يمكن أن تكون لأفراد لها شحنة وراثية متماثلة، تعيش في بيئات محيطة مختلفة، قدرة على الظهور بشكل مختلف. عندما تتغيّر ظروف البيئة المحيطة يمكن أن يظهر الفرد بشكل مختلف أيضًا.

أحيانًا نسمّي الملاءمة الفسيولوجيّة في كتب تعليم البيولوجيا "التكيف".

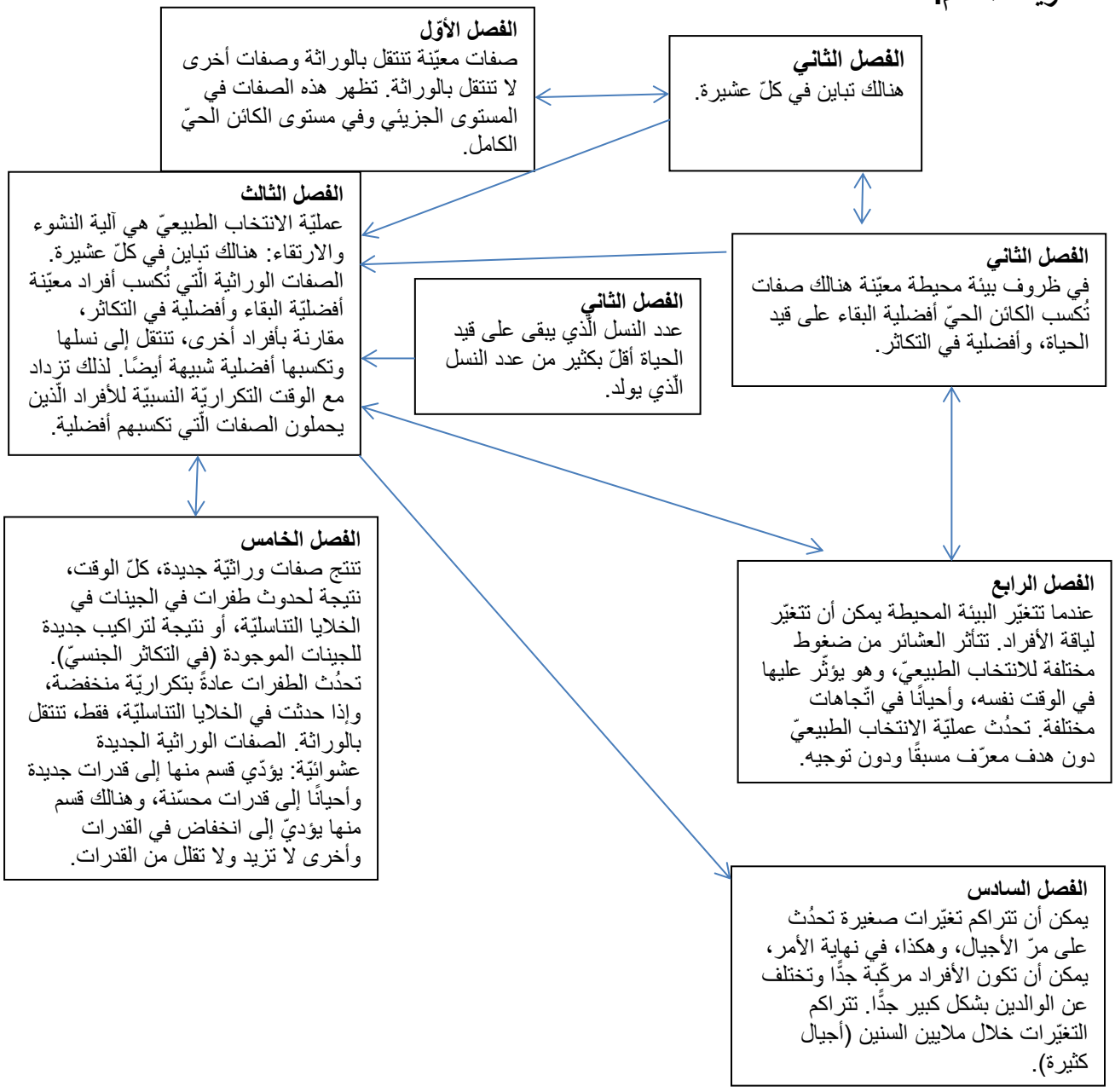
3. حاولوا أن تجدوا الفروق بين نوعيِ الملاءمة. استعينوا بالجدول التالي:

	ملاءمة النشوء والارتقاء	**ملاءمة فسيولوجيّة / سلوكيّة (التكيف)**
من يمرّ بعمليّة الملاءمة – العشيرة أم الأفراد؟		
ماذا يتغيّر في العمليّة؟	مكوّنات العشيرة – تزداد التكراريّة النسبيّة للأفراد الّتي تتحلى باللياقة	
في أيّ مدى زمن تحدث؟		
هل يتغيّر الـ DNA؟		

4. هل نستطيع أن نشرح قدرة استجابة ثعلب القطب الشمالي المتجمد لظروف البيئة المحيطة بواسطة عمليّة الانتخاب الطبيعيّ؟ حاولوا أن تسترجعوا مراحل العمليّة.
5. أعطوا أمثلة إضافيّة للملاءمة الفسيولوجيّة/ السلوكيّة. افترضوا كيف تطوّرت بطريقة الانتخاب الطبيعيّ؟
6. بعد مرور فترة زمنيّة معيّنة على الحريق الّذي حدث في جبال يهودا، شاهدوا في المنطقة جنادب كثيرة لونها غامق مقارنة باللون الفاتح العاديّ الّذي كان لمعظم الجنادب من النوع نفسه في المنطقة. حاولت باحثتان أن تشرحا ظهور الجنادب الغامقة. ادّعت إحداهما أنّ الانتخاب الطبيعيّ هو السبب لذلك: كانت في العشيرة أفراد غامقة وأفراد فاتحة قبل الحريق، بعد الحريق كان تمويه الأفراد الغامقة، على خلفية الصخور السوداء، أفضل لذا تمّ انتخابها الطبيعيّ. أمّا الباحثة الثانية فقد ادّعت أنّ الجنادب (كأفراد) تتحلى بقدرة تغيير لونها إلى غامق وفقًا للون الخلفية التي تعيش عليها. كيف تستطيع الباحثتان أن تحدّدا الإمكانيّة الصحيحة؟

يمكن أن نفحص ملاءمة الكائنات الحيّة إلى بيئتها المحيطة بمستويين: تحدُث ملاءمة النشوء والارتقاء في مستوى العشيرة، تتغيّر خلالها مكوّنات العشيرة وتزداد تكراريّة الأفراد الّتي تتحلى بصفات تكسبها أفضلية. يمكن أن تحدُث في مستوى الفرد ملاءمة فسيولوجيّة (أو سلوكيّة)، حيث يستجيب الفرد خلالها للتغيّرات في البيئة المحيطة بطريقة تكسبه أفضلية. تمّ اختيار قدرة الملاءمة الفسيولوجيّة بواسطة الانتخاب الطبيعيّ على مر الأجيال. هذان النوعان من الملاءمة غير مرتبطين "برغبة" الفرد أو العشيرة.

خريطة التعلّم:



المصطلحات الجديدة الّتي تعلّمناها في هذا الفصل:

تراكم طفرات ملاءمة نشوء وارتقاء

ملاءمة فسيولوجيّة /سلوكيّة (تكيّف)

الفصل السابع: هل يمكن استرجاع الماضي؟

كما رأينا، يمكن أن تؤدّي عمليّات الانتخاب الطبيعيّ إلى ملاءمات عجيبة ومعقدة جدًّا بين الكائنات الحيّة وبيئتها المحيطة، لكن ليس جميع الكائنات الحيّة ملائمة بشكل جيد لبيئتها المحيطة.

هل الكلّ كامل؟

طيور الإوز هي، عادةً، طيور مائيّة متجولة. هنالك أغشية جلدية متطوّرة بين أصابع قدميها تُتيح لها السباحة. أمّا إوزة هاواي (Branta sandvicensis) لا تسبح ولا تذهب إلى أماكن بعيدة. تتقدّم بالأساس بالسير على الأقدام. رِجلاها طويلتان وأصابعها قوية (مقارنة بأنواع إوز أخرى) وملائمة للسير الكثير. على الرغم من هذه الملاءمات، إوزة هاواي غير ملائمة بتاتًا لبيئتها المحيطة. تعيش بالأساس على أرض بركانيّة، بيت تنمية شاذ جدًّا للإوز، وعلى الرغم من ذلك يوجد لها أغشية جلدية للسباحة. الأغشية لا تكسبها أفضلية، وهي تشكل صفة سيئة للسير على أرض بركانية. الأرضية البركانية القاسية والخشنة تقلل من مرونة الأصابع وتجرحها بسهولة.

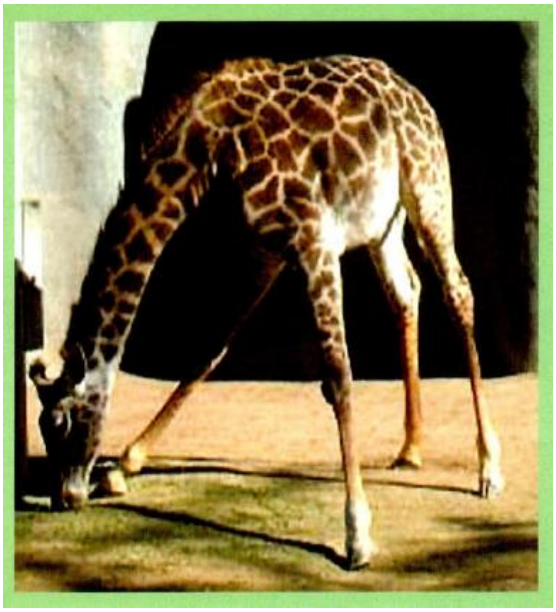
إوزة هاواي

1. كيف يمكن أن نشرح الملاءمة غير الكاملة بين إوزة هاواي وبيت تنميتها؟
   هل حدثت عمليّة انتخاب طبيعيّ هنا؟ حاولوا أن تشرحوا.
2. لماذا لم ينتج، حسب رأيكم، إوز دون أغشية جلدية في عمليّة الانتخاب الطبيعيّ؟
3. هل يتطوّر، حسب رأيكم، في المستقبل إوز خال من الأغشية الجلدية؟ اشرحوا.

بودّنا أن نبرز أنّ الانتخاب الطبيعيّ يختار الأفراد الملائمة من بين جميع الإمكانيّات المتنوعة الموجودة. المادّة الخام للانتخاب الطبيعيّ هي التباين الموجود في الوقت نفسه بين الأفراد، لذا يدور الحديث حول عمليّة تعمل بوجود اضطراريات.

فكّروا في إنسان يبني طاولة للطعام. كلّ ما يملكه كرسيّان قديمان لأحدهما رِجل واحدة أقصر من سائر الأرجل. يستطيع الإنسان، مثلًا، أن يقصر أرجل الكرسيّان حسب ارتفاع الرجل القصيرة، أن يتخلص من الارتكاز وأن يضع الكرسين الواحدة بجانب الأخرى. يستطيع أيضًا أن يُكمل طول الرجل القصيرة بواسطة حجر أو رزمة جرائد. في جميع الحالات، تقوم الطاولة بأدائها الجديد بنجاح معيّن، لكن من الواضح أن هنالك خلل فيه: عندما تكون الطاولة قصيرة جدًّا، يمكن أن لا تكون ثابتة بشكل كاف والسطح العلوي لا يكون متواصل. من المفهوم أنّ هذه الطاولة تكون أقلّ نجاحًا من الطاولة الّتي بُنيت من البداية للاستعمال كطاولة.

يعمل النشوء والارتقاء كالشخص الّذي يعمل بطريقة ارتجالية. لا تتوفر في عمليّة النشوء والارتقاء إمكانيّة التوقع للأشياء المطلوبة فيما بعد، أو أن نخطط الخطوات وإنتاج الكائنات الحيّة من لا شيء. يعمل النشوء والارتقاء على الأشياء الموجودة. يؤدّي هذا الشيء، أحيانًا، إلى بقاء وترعرع الكائنات الحيّة الّتي ملاءمتها للبيئة المحيطة غير كاملة، وفي بعض الأحيان تكون الملاءمة اضطراريّة. مثال على ذلك عنق الزراف. على الرغم من أن العنق الطويل يكسبه أفضليّة، يكفي أن ننظر إلى الزراف الذي ينحني لشرب الماء كي نميّز الصعوبة الكبيرة جدًّا الّتي تحدُث له بسبب العنق.



تستصعب الزرافة بشكل كبير جدًّا عندما تحني عنقها

البُعد بين الرأس والقلب عند الإنسان حوالي 40 سم، يبلغ هذا البُعد عند الزراف أكثر من مترين! كي يصل الدم إلى رأس الزراف ويتدفق إلى بُعد كبير عكس قوة الجاذبيّة يضخ القلب بضغط عال جدًّا. وكذلك الأمر عندما ينحني الزراف كي يشرب، يرتفع ضغط الدم في رأسه، ولولا الملاءمة التي يتحلى بها الزراف لتفجرت شعيرات الدم الموجودة في رأسه.

يعتقدون اليوم أنّ مشاكل الظهر السفلى الّتي يعاني منها معظم الناس، في مرحلة معيّنة في حياتهم، نابعة من الضغط الزائد على الهيكل العظمي. ينبع هذا الضغط من الحقيقة أنّ الإنسان يسير بشكل منتصب على قدميه. أفضليات السير المنتصب واضحة: مجال الرؤية كبير، يمكن استعمال اليدين لعمليّات متنوعة، مثل: البناء، استعمال الأدوات وغير ذلك. لو عملت عمليّات النشوء والارتقاء وفقًا للهدف والتخطيط المسبق لنتج ربما هيكل ملائم أكثر لحمل وزن الجسم المنتصب. لكن يعمل النشوء والارتقاء على مبانٍ موجودة، لذا هيكلنا ملائم للسير المنتصب، لكّنه غير كامل. بالإضافة إلى ذلك، كما رأينا (مثلًا: في حالة أنياب الفيل) يعملُ الانتخاب الطبيعيّ كردّ فعل لضغوط الانتخاب المختلفة وأحيانًا مضادّة. ينتج عمل غير كامل بسبب التوفيق بين ضغوط الانتخاب الطبيعيّ. مثلًا: تُستعمل منطقة الحلق عند الإنسان لإدخال الهواء ولإدخال الغذاء. المكان النسبيّ لمسالك الهضم ولمسالك التنفّس في الكائنات الحيّة القديمة وارتجال النشوء والارتقاء هي الّتي أدّت إلى التقاطع المفتوح بين القصبة الهوائيّة والمريء. يمكن أن تكون الأنابيب المتجاورة خطيرة جدًّا وقاتلة، لذا لا يعتبر هذا العمل كامل.

- بماذا تختلف عمليّة النشوء والارتقاء عن عمليّة الإنسان الّذي يبني طاولة من كرسيين.

أحيانًا، "تنتقل" صفة أو مبنى معيّن للاستعمال في وظيفة أخرى تمامًا عندما تتغيّر الظروف.

مثلًا: القسم الّذي يبدو ك "إبهام" أو إصبع سادسة عند حيوان الباندا، ويساعدها في القبض على عصي الخيزران، ليس إبهام في الواقع. من ناحية تشريحيّة هذه عظمة في مفصل كفة اليد. الافتراض هو أنّه عندما بدأ حيوان الباندا في أكل الخيزران كان تبايُنًا في طول هذه العظمة. نتيجة لانتخاب طبيعيّ قوي ومستمرّ على مرّ الأجيال، ازداد معدّل طول هذه العظمة، والآن تبدو كالإبهام.

الصفة (أو المبنى) الّتي تُستعمل في وظيفة أخرى، وتتطوّر في نهاية الأمر بسبب الانتخاب الطبيعيّ نسمّيها "قبل – التكيف". بسبب ضغط الانتخاب الطبيعيّ تنتقل صفات موجودة "إعادة تدريب مهنيّ" عندما تتغيّر الظروف. لا يوجد هنا تخطيط مسبق لتوقعات قادمة، بل يوجد "ارتجال" في المباني أو الصفات الّتي كانت في هذه الحالة.

ليس الانتخاب الطبيعي فقط يؤثّر على البقاء

أوبس، دعسوني!

نتمعّن، في هذا التمرين، مرّة أخرى، في الفراش الّذي يعيش في حقول الأزهار، ونرى ماذا يحدث لها عندما يظهر قطيع من البقر الّذي يسحقها حتّى الموت. نقرر لغرض اللعبة أنّه في كلّ سنة تُسحق نِصف كمّيّة الفراش الّذي يعيش في حقول الأزهار. لكن في كلّ سنة، العشيرة الّتي تتكاثر بطريقة جنسيّة تضاعف نفسها أيضًا: تضع كلّ فراشة فردًا واحدًا مماثلًا لها بالضبط.

سير العمل

في سير المحاكاة يمثّل الخرز الفراش، ويمثّل القماش المزهر حقل الأزهار الذي تعيش فيه، وأنتم تمثلون قطيع الأبقار.

1. وزعوا بطريقة متساوية 20 خرزة من كلّ لون (المجموع 40) على قطعة القماش المزهرة الّتي حصلتم عليها.
2. ما هي التكراريّة بالنسبة المئويّة لكلّ لون من ألوان الفراش؟
   احسبوا كالتالي: $\frac{\text{عدد الفراش من لون معيّن}}{\text{مجموع الفراش}} \times 100$
3. يتمّ سحق الفراش بواسطة الأبقار بالطريقة التالية: نغطي عيني أحد أعضاء المجموعة، وهو يمثّل الثور الّذي يسحق الفراش. نضع على إصبعه ورقة لاصقة بحيث يكون السطح اللاصق موجّه إلى الخارج. يلمس القماش كي يلتصق به الفراش، وعندئذ يُدخل ممثّل آخر الفراش الّذي التصق إلى العلبة. يستمرّ الثور، الّذي يرمس، في عمله حتّى تصبح 20 خرزة في العلبة (إذا ازداد العدد أكثر من 20، يأخذ الممثّل بطريقة عشوائيّة الخرزات ويعيدها إلى الحقل حتّى يحصل على العدد المطلوب).
4. عدّوا الخرزات الّتي بقيت من كلّ نوع، واحسبوا الكمّيّة بالنسبة المئويّة.
5. نفّذوا في هذه المرحلة تكاثر الفراش بالطريقة التالية: ضاعفوا عدد الفراش الّذي بقي على القماش حسب لونها، مثلًا: إذا بقيت 7 خرزات صفراء على قطعة القماش أضيفوا 7 خرزات صفراء جديدة.
6. اجمعوا كلّ الفراش ووزعوه على القماش بشكل متجانس.
7. كرروا المراحل 2-6 مرتين إضافيتين (بحيث تكون محاكاة لثلاثة أجيال).
8. أكملوا الجدول:

		لون 1	لون 2
عشيرة ابتدائيّة	عدد الفراش		
	النسبة العدديّة بالنسبة المئويّة		
الجيل 1	عدد الفراش الّذي بقي بعد سحقه		
	النسبة العدديّة بالنسبة المئويّة		
الجيل 2	عدد الفراش الّذي بقي بعد سحقه		
	النسبة العدديّة بالنسبة المئويّة		
الجيل 3	عدد الفراش الّذي بقي بعد سحقه		
	النسبة العدديّة بالنسبة المئويّة		

معالجة النتائج

1. أيّ أفراد في عشيرة الفراش كانت لها أفضليّة في البيئة المحيطة؟ لماذا؟
2. ارسموا رسمًا بيانيًّا مكوّنًا من أعمدة بحيث يمثّل النتائج. قرّروا ماذا يمثّل x وماذا يمثل y؟
3. ماذا حدث للنسبة المئويّة للفراش من كلّ لون بعد مرور ثلاثة أجيال؟
4. هل تغيّرت مكوّنات العشيرة؟
5. كيف يمكن أن نشرح النتيجة؟
6. قارنوا النتائج الّتي حصلتم عليها بنتائج سائر المجموعات. هل شكل رسومكم البيانيّة متماثل؟ اشرحوا.
7. ماذا يحدث، حسب رأيكم، لو استمرينا في السحق والتكاثر عدّة أجيال أخرى؟
8. هل يمكن أن تنتج حالة فيها لون واحد معيّن لكلّ العشيرة، تقريبًا، بعد مرور عدّة أجيال؟ (تبقى الظروف نفسها – تُسحق العشيرة لكنها لا تُفترس).

مقارنة – بقاء عشوائيّ مقابل انتخاب طبيعيّ

قارنوا بين الرسوم البيانيّة الّتي حصلتم عليها في محاكاة الفراش في الفصل الثالث (محاكاة الافتراس بواسطة الطيور) والرسوم البيانيّة للفراش الّتي نقذتموها الآن (محاكاة سحق الفراش بواسطة الأبقار).

1. لماذا الرسوم البيانيّة لمحاكاة الطيور متشابهة بين المجموعات المختلفة في الصفّ، أمّا الرسوم البيانيّة لمحاكاة الأبقار مختلفة؟
2. ماذا يحدُث، حسب رأيكم، لو كان في حقول الفراش طيور مفترسة وأبقار أيضًا؟
3. قارنوا بين المحاكتين والواقع.

اتّضح أنّ الحظ يؤثّر بشكل حاسم على بقاء الأفراد. نتمعّن في عدّة أمثلة:

عندما فحصنا لياقة الأسود (في الفصل الثاني) توجنا الأسد لئون بلياقة عالية، لأنّه أنجب أكبر عدد من الأفراد الّتي بلغت سن البلوغ. مات لئون في سن 9 سنوات بسبب التهاب في قدمه، لكن لو مات لئون من السبب نفسه بطريقة عشوائيّة تمامًا، في سن سنتين، لتغيّرت مكوّنات عشيرة الأسود. وفي هذه الحالة يكون أسد آخر من بين الأسود الأربعة الأخرى الأكثر لياقة.

في مجموعة الغزلان، على سبيل المثال، يستطيع أن يبقى على قيد الحياة فرد بطيء نسبيًّا للأفراد الأخرى، لأنّ النمر الّذي يعيش في هذه المنطقة لم يلتقي به. ينجب هذا الفرد نسلًا، وتؤثّر صفاته على مكوّنات العشيرة في المستقبل. أمّا في حقل الأزهار يمكن أن نقطف، صدفة، الزهرة الّتي تتحلى بأعلى لياقة لبيئتها المحيطة. لا تساعد جميع صفاتها الغريبة في هذه الحالة، وهي لا تستطيع أن تنقلها للأجيال القادمة.

نتعلّم من هذه الأمثلة أنّ التغيّرات في مكوّنات صفات عشيرة كائنات حيّة، على مرّ الأجيال، تتأثّر من عمليّات عشوائيّة. إذا كان الأمر كذلك، البقاء ليس نتيجة لعمليّة الانتخاب الطبيعيّ، فقط، الّذي تبقى فيه على قيد الحياة الأفراد التي لياقتها عالية، بل نتيجة لحظ بسيط أيضًا.

في الواقع المعقد تعمل عمليّات كثيرة على العشيرة في الوقت نفسه. يمكن أن تتعرض الكائنات الحيّة إلى ضغوط انتخاب متنوّعة تنبع من ظروف المناخ، وجود حيوانات مفترسة، من توافر غذاء معيّن وغير ذلك.

هل يمكن استرجاع الماضي؟

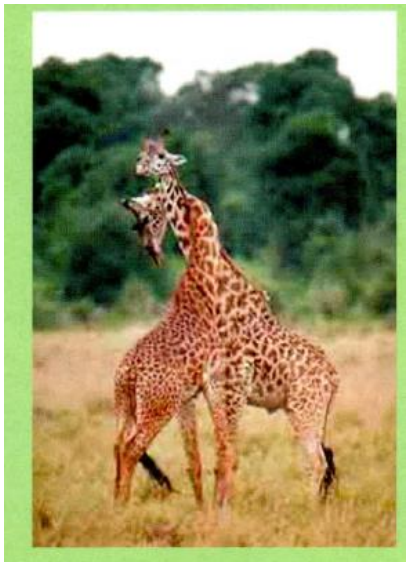
تتناول أبحاث كثيرة في مجال النشوء والارتقاء ملاءمات كائنات حيّة لبيئتها المحيطة. فحصنا في الفصل السابق عدّة أمثلة لملاءمات معقدة وخاصّة، وحاولنا أن نسترجع العمليّة الّتي أدّت إلى إنتاجها. لكن هنالك حالات قليلة نسبيًّا يمكن أن نتابع فيها عمليّة الانتخاب الطبيعيّ (قدّمنا قسمًا منها في الفصل الرابع)، تطوّرت معظم الملاءمات (أو بدأت في التطوّر) في الماضي البعيد، قبل ملايين السنين، ونحاول استرجاع عمليّة بعد أن حدثت. تتوفر لدينا أحيانًا أدّلة لقسم من الفرضيّات، لكن على ما يبدو هنالك أشياء كثيرة لا نستطيع أن نعرفها أبدًا بشكل مؤكد.

لا نعرف دائمًا، على سبيل المثال، الأفضليّة الّتي أكسبتها صفة معيّنة للأفراد الّتي تحملها. ما هي الأفضليّة الّتي يكسبها سنام الجمل أو أرجل الكائنات الحيّة الّتي نسمّيها ألفية الأرجل؟ يمكن بالطبع أن نطرح فرضيات حول الأفضليّات الممكنة، لكن لا نستطيع أن نكون متأكدين.

هنالك اختلاف بين البيولوجيين حول الأفضلية التي تكسبها خطوط حمار الوحش.

هنالك من يدّعي أنّ نموذج الخطوط يُكسب أفضلية في المغازلة، وهنالك من يدّعي أنّ نموذج الخطوط يؤدّي إلى صعوبة لدى ذباب تسي تسي في رؤية حمار الوحش ولدغه.

يمكن، أحيانًا، أن نشرح وجود صفة معيّنة بواسطة عدّة أفضليّات: قلنا، مثلًا: إنّ العنق الطويل يُكسب الزراف أفضليّة أنّه يستطيع أن يجد غذائه على الغصون العالية. لكن هنالك باحثون آخرون كثيرون يعتقدون أنّ هنالك أفضليّة أخرى للعنق الطويل والكبير: وُجد أنّ معدّل طول عنق الزراف عند الذكور أكبر بـ 30-40 سم من طول عنق الإناث، ويضرب الذكور أعناق بعضهم عندما يتنازعون، أحيانًا، حتّى الموت. إذا كان الأمر كذلك، قد تكون أفضليّة للعنق الطويل عند الذكور عندما تتنازع فيما بينها على الإناث. تمّ دعم ذلك بواسطة إيجاد إناث من الزراف الّتي تُفضل ذكور عنقها طويل وكبير.



ذكران يتنازعان

وما الأفضلية ببروز أنفنا؟ يذكر دان جرئور في كتابه[2] بانجلوس، ادّعاء وولتر: من الواضح أنّ النظارات خُلقت من أجل أن نضع النظارات، لذلك نحن نضع نظارات. أُعدت الأرجل للأشرطة التي تثبت الجربان، لذا نرتدي الجربان". المحاولة لإيجاد شرح لأفضليّة صفة معيّنة يمكن أن يكون سخيف. ليست كلّ صفة، نجدها اليوم، مرّت بالضرورة انتخاب طبيعيّ. ليس كلّ صفة نراها لها أفضليّة: يمكن أنّها بقيت في أعقاب عمليّات عشوائيّة، ويكفي أن لا تكون فيها سيئة حقيقية أدت إلى انخفاض لياقة أصحابها. يمكن أيضًا أنّه في مرحلة معيّنة في نشوء وارتقاء كائنات حيّة نتجت بالذات صفات ملائمة أكثر، لكنها لم تبقى على قيد الحياة بسبب عمليّة عشوائيّة معيّنة أدّت إلى انقراضها (مفترس، فيضان، هزة أرضيّة، وما شابه، أدّت إلى انقراض الكائن الحيّ الّذي ظهرت عنده، في هذه الحالة، الصفة الأكثر ملاءمة).

[2] النشوء والارتقاء: من داروين حتّى الـ DNA، 1997، وزارة الأمن، دار النشر.

أسئلة للتلخيص

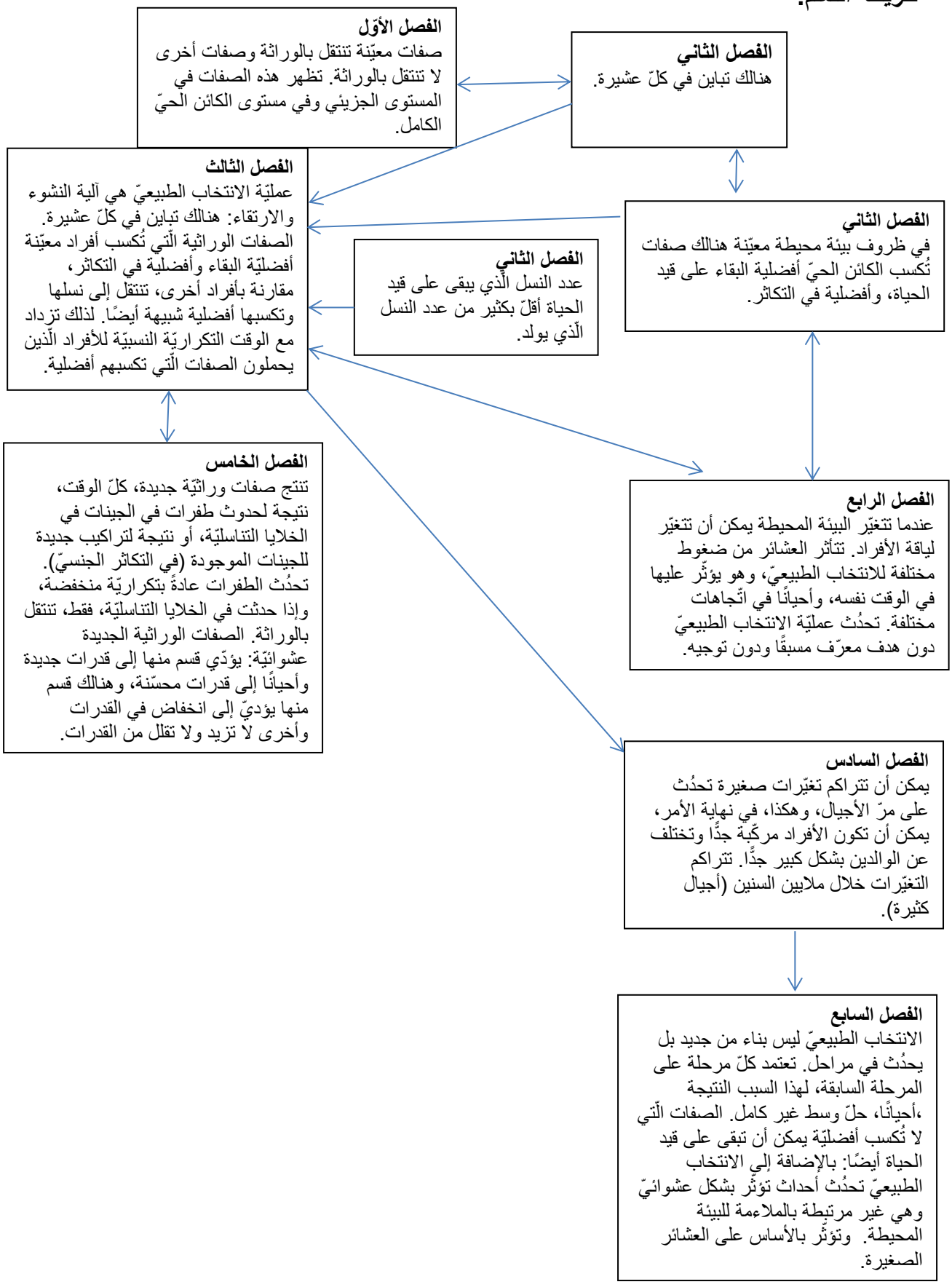
1. بكاء الطفل أو القدرة على الشعور بالآلام نعتبرها صفات سلبية. هل تستطيعون أن تقترحوا شرحًا كيف تمّ اختيار هذه الصفات بآلية الانتخاب الطبيعيّ؟
2. لماذا تأثير العمليّات العشوائيّة أكبر في العشائر الصغيرة؟
3. فكّروا في تصميم كرسي يتأرجح، استعينوا بنجار مقارنة بتحويل أثاث موجود إلى كرسي يتأرجح. أيّ كرسي من المعقول أن يبدو أفضل وأن يؤدّي وظيفته بشكل أنجح؟ أيّ عمليات تختارونها للمقارنة بعمليّة الانتخاب الطبيعيّ؟ اشرحوا إجاباتكم.
4. تناولنا حتّى الآن عمليّات تغيّر مكوّنات العشيرة على مرّ الأجيال. عودوا إلى الصفحة الأولى في هذا الكتاب. بماذا تتشابه مقارنة الفراشة على شجرة السيكويا بعمليّة الانتخاب الطبيعيّ الّتي تغيّر العشائر على مرّ الأجيال؟ وبماذا تختلف؟

تلخيص

تعلّمنا، في الفصل السابق، أنّ الانتخاب الطبيعيّ يمكن أن يؤدّي إلى ملاءمات عجيبة بين عشائر الكائنات الحيّة وبيئتها المحيطة. رأينا، في هذا الفصل، أنّ قسم من الكائنات الحيّة غير ملاءمة لبيئتها المحيطة بشكل كامل، لأنّ الانتخاب الطبيعيّ يعمل في ظروف اضطرارية. يمكن القول: إنّه بسبب الاضطراريات الكثيرة نجد في جميع الكائنات الحيّة الموجودة من حولنا أشياء غير كاملة. تعمل عمليّات الانتخاب الطبيعيّ، فقط، على الصفات الموجودة في زمن معطى في العشيرة ووفقًا لظروف البيئة المحيطة الموجودة.

قدرتنا على استرجاع عمليّات النشوء والارتقاء الّتي أدّت إلى الصفات الموجودة محدّودة جدًّا، لأنّه ليس كلّ الموجود في الحاضر والماضي بالضرورة انتخاب.

خريطة التعلّم:



الفصل الثامن: كيف تنتج أنواع جديدة؟

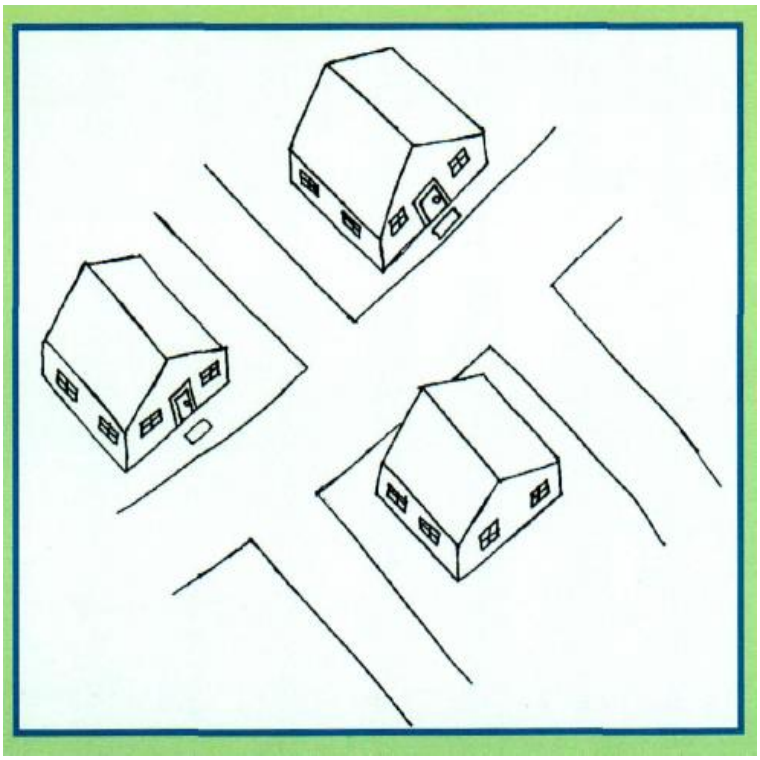
يقدّر العلماء أنّه تعيش، اليوم، على سطح الكرة الأرضيّة حوالي 350000 نوع مختلف من الخنافس! كيف يمكن أن نشرح هذا التنوع الهائل؟

- هل نتجت، حسب رأيكم، جميع الخنافس مرّة واحدة؟ إذا كانت الإجابة نعم، اشرحوا. إذا كانت الإجابة لا، كيف نتجت؟
- هل ما زالت تنتج أنواع جديدة من الخنافس؟ اشرحوا.

في سنوات الثلاثينيات من القرن السابق، نُقلت حلزونات الحقل (من النوع Helix aspersa) من فرنسا إلى الولايات المتحدة كي تُستعمل لإعداد أطباق شهية في المطاعم. عندما اتّضح للأميركيين أنّها غير لذيذة أُطلق سراحها إلى البيئة المحيطة. دخلت عدّة حلزونات إلى أصص أُعدت للنقل إلى مدينة بريين في تكسيس. انتشرت الحلزونات في المدينة. تتحلى هذه الحلزونات بقدرة تكاثر سريعة نسبيًّا: المدّة الزمنيّة لجيلها حوالي سنتين، وفي كلّ مرة تضع 85 بيضة.

- نفترض أن زمن جيل الحلزونات كان ثابتًا خلال السنوات، كم جيلًا مرّت الحلزونات من سنوات الثلاثينات حتى اليوم؟

عُبدت شوارع كثيرة واسعة من الأسفلت في بريين، على مرّ السنين، بين ساحات البيوت. الحرارة الكبيرة للشارع خلال النهار والمرْكَبات الّتي تمرّ فيه خلال اليوم تمنع من الحلزونات أن تنتقل من جهة معيّنة للشارع إلى الجهة الأخرى.



شوارع البيوت في مدينة بريين

- تطرّقوا إلى عشيرة حلزونات عاشت في طرف معيّن من الشارع. إلى أيّ مدى تكون الصفات الوراثية لأفراد هذه العشيرة شبيهة بأفراد العشيرة الأصليّة (قبل 30 جيلًا)؟ اشرحوا.
- تطرّقوا إلى عشيرتين من الحلزون تعيشان في كِلا طرفيِ الشارع:

أ. هل ظهرت، حسب رأيكم، في العشائر في كِلا طرفي الشارع، نفس الصفات الجديدة الّتي نتجت خلال 30 جيلًا نتيجة للطفرات ولتراكيب جديدة من الجينات؟ اشرحوا.

ب. هل تعمل، حسب رأيكم، ضغوط الانتخاب الطبيعيّ نفسها على طرفيِ الشارع؟ اشرحوا.

ت. نفترض أنّه ظهرت طفرة في العشيرة الّتي تعيش في أحد طرفيِ الشارع، وتُحسّن هذه الطفرة قدرة صمود الحلزونات للجفاف. ماذا حدث لمكوّنات العشيرة ذاتها مقارنة بهذه الصفة على مرّ الأجيال؟ ماذا حدث لمكوّنات العشيرة الّتي تعيش في الطرف الثاني من الشارع؟

ث. ماذا يمكنكم القول، إذا كان الأمر كذلك، عن التشابه بصفات الأفراد الّتي تنتمي للعشيرة الّتي تعيش بشكل منفرد أجيال كثيرة؟

فحص الباحثون، في سنوات السبعينيات، 2218 حلزونًا في مدينة بريين. قارنوا بين 14 عشيرة مختلفة كانت منفردة الواحدة عن الأخرى بواسطة الشارع. وجدوا أن الأفراد الّتي تنتمي لعشائر مختلفة منفصلة تختلف عن بعضها في الجينات أكثر من الأفراد داخل العشيرة نفسها. بكلمات أخرى، التباين في كلّ عشيرة أقلّ من التباين بين العشائر من كِلا طرفيِ الشارع.

- كيف تشرحون الحقيقة أنّ التباين بين العشائر المنفردة أكبر من التباين داخل كلّ عشيرة؟

وُجدت نتائج شبيهة، تقريبًا، في كل نوع من أنواع الكائنات الحيّة الّتي تمّ بحثها حتّى اليوم: عندما نقارن بين عشائر منفردة لأفراد تنتمي للنوع نفسه نجد أنّ كلّ عشيرة تتميز بصفات مختلفة.

الدوري

وصل الدوري (Passer domesticus)، على سبيل المثال، قارة أميركا قبل حوالي 150 سنة. وصل الدوري في البداية إلى النيويورك، ومن هناك انتشر بسرعة إلى كلّ القارة، وأنتج عشائر مختلفة تبتعد عن بعضها جغرافيًّا. تابع العلماء الدوري منذ أن وصل الولايات المتحدة. بما أنّ زمن جيل الدوري حوالي سنة، تمّت متابعة 150 جيلًا من الدوري.

وُجد أن عشائر الدوري، في أميركا، تختلف عن بعضها في صفات كثيرة، مثل: لون الريش، طول الجناحان، كبر الجسم وشكله، مثلًا: الدوري في الشمال أكبر من الدوري في الجنوب، الدوري في شمال غرب القارة وفي المكسيك غامق أكثر مقارنة بالدوري في أماكن أخرى، الدوري الّذي يعيش في هاواي لا يوجد بُقع على أجسامهم، وذلك عكس الدوري في سائر العشائر. هذه الصفات وراثية.

- ما مصدر الفروق الوراثية بين العشائر المختلفة؟
- هل الحقيقة أنّ كلّ عصافير الدوري الّتي تعيش اليوم في أميركا مصدرها من عشيرة واحدة وصلت إلى النيويورك مهمّة كي نشرح مصدر الفروق؟ اشرحوا.

هذا الوضع يشبه الوضع عند الإنسان أيضًا: مثلًا: أمراض وراثية كثيرة شائعة لدى أشخاص يعيشون في منطقة معيّنة في العالَم ونادرة في مناطق أخرى. مثلًا: مرض الفنيلكتينوريا (مرض أيضي صعب) شائع أكثر عند اليهود اليمن. أما مرض التاي ساكس (مرض أيضي آخر) شائع أكثر لدى اليهود الأوروبيين.

- حاولوا أن تشرحوا التكراريّة المختلفة لهذين المرضين الوراثيين: نفترض أن أصل جميع الناس من عشيرة واحدة، ماذا يمكن أن يكون السبب للاختلاف في توزيع المرض؟
- تكراريّة المرضان فنيلكتينوريا والتاي ساكس عالية عند اليهود مقارنة بالسكان غير اليهود الّذين يعيشون في البيئة المحيطة نفسها. حاولوا أن تشرحوا ذلك.
- أيّ حواجز تفصل بين عشائر الناس؟
- تذكّروا محاكاة الأسماك المسطحة في الفصل السادس. كيف تمّ تمثيل فكرة تراكم التغيّرات المختلفة في العشائر المنفردة في المحاكاة؟

كيف يولد نوع؟

- مصدر الحلزونات في تكسيس من عشيرة واحدة انفصلت قبل حوالي 70 سنة.
هل الأفراد الّتي تعيش في عشائر منفردة، بواسطة الشارع، تنتمي إلى النوع البيولوجيّ نفسه؟ هل تنتمي، بعد مرور مائة جيل، إلى النوع البيولوجي نفسه؟ وماذا يحدُث بعد ألف جيل؟ هل هنالك أهمّيّة لعدد الأجيال؟ اشرحوا.
- إذا أخذ العلماء بعد ألف جيل حلزونات من العشيرتين المنفصلتين، بواسطة الشارع، والتقت مع بعضهما، هل تستطيع الأفراد من كِلا العشيرتين أن تتكاثر فيما بينهما؟

للإجابة عن هذه الأسئلة نوضح المصطلح **نوع بيولوجيّ**.

كارلوس لينئوس، عالم نباتات سويديّ، عاش قبل حوالي 250 سنة، بحث وجمع نباتات وحيوانات كسائر باحثون كثيرون في فترته. حاول أن يعطي اسمًا لكلّ كائن حيّ كي يستطيع العلماء وهواة الطبيعة من كلّ العالَم أن يفهوا الواحد الآخر عندما يبحثون الكائنات الحيّة.

هذا الأمر يشبه فهرست الكتب الموحدة في جميع مكتبات العالَم. في كلّ مكتبة في العالم، مثلًا: نرقم الكتب العلميّة بأعداد تبدأ بالرقم 5، أمّا كتب علم النفس نرقمها بأعداد تبدأ بالرقم 1. تُسهل هذه الطريقة عمليّة البحث عن الكتب في كلّ مكتبة في العالَم.

كان لينئوس الأوّل الّذي طوّر طريقة لفهرست وتصنيف الكائنات الحيّة. أُعطي كلّ كائن حيّ اسمان، كما هو الأمر في تسمية الإنسان الّتي تعتمد عادةً على الاسم الشخصيّ واسم العائلة. يدل الاسم الأوّل على "الجنس" (genus) والاسم الثاني على النوع (species). هذه الطريقة لتسمية الكائنات الحيّة مقبولة في العالم العلميّ حتّى اليوم.

حسب تعريف لينئوس، الكائنات الحيّة الّتي تنتمي للنوع نفسه متشابهة جدًّا، وهنالك صفات كثيرة مشتركة بينها. الكائنات الحيّة الّتي تنتمي إلى الجنس نفسه متشابهة فيما بينها، لكنها أقلّ تشابهًا مقارنة بالأفراد من النوع نفسه. مثلًا: تنتمي جميع أشجار البلوط في البلاد إلى الجنس نفسه، لكن نوع البلوط الطابوري يختلف عن نوع البلوط القلبريني.

يختلف البلوط الطابوري وأيضًا الطابور القلبريني عن الصنوبر بشكل كبير جدًّا، لذا فهما يعتبران جنس منفرد عنه. هنالك صفات مشتركة كثيرة بينهم كي تُعتبر من النوع نفسه. وعلى الرغم من ذلك، هنالك فروق كبيرة جدًّا بينهم كي نعتبرها أنواعًا منفردة.

صنف لينئوس الكائنات الحيّة حسب مبناها الخارجيّ (علم التشكل) والمبنى الداخليّ (العلم التشريحي). الأفضليّة الكبيرة لهذه الطريقة أنّها تُتيح تصنيف المتحجرات أيضًا، لكنها قد تكون غير صحيحة أحيانًا.

- ماذا يمكن أن تكون الصعوبات عندما نعتمد، كما فعل لينئوس، على الصفات التشريحيّة والتشكيليّة ؟

للإجابة عن السؤال تمعّنوا في الصور التالية:

- ما المشترك لجميع أزواج الصور ؟

كما تعلمون، على الرغم من الفروق الخارجيّة الكبيرة بين الضفدع والشرغوف إلا إنّهما ينتميان إلى النوع نفسه، وهما في مراحل مختلفة من التطوّر. ينتمي الطاووس الذكر والطاووس الأنثى إلى النوع البيولوجيّ نفسه، على الرغم من الاختلاف في مظهر التزاوج. تبقى الشجرة في النوع نفسه على الرغم من أنّها تظهر بأشكال مختلفة. مقارنة بهذه الأمثلة، تختلف أنواع بكتيريا مختلفة بالصفات البيوكيميائيّة وهي تنتمي إلى أنواع منفردة تبدو متماثلة في المجهر. تعريف ليئنوس الّذي اعتمد على الصفات الخارجيّة والتشريحيّة لم يكن كافيًا لتصنيف الكائنات الحيّة في الطبيعة.

نعرّف النوع، اليوم، حسب معيار التكاثر. حسب هذا التعريف، تنتمي الأفراد للنوع البيولوجيّ نفسه إذا استطاعت أن تتكاثر فيما بينها وأن تضع نسلًا خصبًا في الطبيعة. بما أنّ النوع مكوّن في معظم الحالات من عدّة عشائر، يمكن أن يحدُث التكاثر بين الأفراد داخل عشيرة معيّنة أو بين العشائر.

يجب التذكر أنّ الفروق بين الكائنات الحيّة المختلفة (في المبنى الخارجيّ، السلوك، قدرة التكاثر وما شابه) هي جزء من التنوّع الموجود في الطبيعة. أمّا الفرق الّذي حسبه يتمّ تحديد ما إذا كان كائنين حيين ينتميان للنوع نفسه أو لنوعين منفردين هو أمر له علاقة بالتعريف، هذا يعني أنّ القرار يعود للإنسان.

رأينا أنّه في العشائر الّتي تعيش بشكل منفرد تتراكم خلال الأجيال تغيّرات وراثيّة تميّز كلّ عشيرة. كلّما مرّت أجيال أكثر تتباين العشائر عن بعضها أكثر وأكثر. هل تتحوّل العشائر في نقطة معيّنة إلى مختلفة جدًّا عن بعضها لدرجة أنّها لا تستطيع أن تتكاثر فيما بينها؟

أراد العلماء أن يفحصوا هذا السؤال حول الحلزونات في مدينة بريين. لذا نفّذوا تزاوج في المختبر بين عشائر الحلزونات الّتي تعيش في كِلا طرفي الشارع. استنتجوا من نتائج التجربة أنّ الحلزونات في مدينة بريين تنتمي للنوع نفسه.

- ماذا كانت نتائج التجربة، حسب رأيكم؟ هل تكاثرت الحلزونات، من العشائر، المختلفة فيما بينها؟
- هل تستطيع، حسب رأيكم، أن تتكاثر الحلزونات فيما بينها حتّى لو نُفذت تجربة شبيهة بعد ألف جيل؟

السؤال، هل تستطيع أفراد العشيرة أن تتحوّل إلى أنواع منفردة لا تستطيع التكاثر فيما بينها أقلقت علماء كثيرين. تنفيذ التجربة في المختبر هي إحدى الطرق للإجابة عن هذا السؤال. اصطاد علماء في إحدى التجارب ذباب دروسوفيلا من منطقة معيّنة، وأحضروها إلى المختبر. وزعوا الذباب إلى مجموعتين، ونموا كلّ مجموعة بشكل منفرد، عدّة أجيال. تمّت تنمية العشائر المختلفة في ظروف مختلفة: حصلت نِصف العشائر على نشا كمصدر غذاء وحصل النصف الآخر على سكر المالتوز. كما كان متوقع، نتجت بعد عدّة أجيال فروق وراثية بين العشائر المختلفة. عندما وضع العلماء ذباب من نوعين من العشائر، وجدوا أنّ "ذبابة النشا" تختار التكاثر مع "ذبابات النشا" الأخرى، أما "ذباب المالتوز" اختار "ذباب المالتوز" للتكاثر. الحاجز الفيزيائيّ بين العشائر تحوّل إلى حاجز تكاثر. حاجز التكاثر الّذي ظهر في الحاجز السلوكيّ، في اختيار عشيرة معيّنة مقارنة بعشيرة أخرى، أدّى إلى إنتاج نوعين منفردين.

- حاولوا أن تشرحوا لماذا لم تنتج أنواع جديدة في حالة الحلزونات، أما في حالة الذباب نتجت، على ما يبدو، أنواع جديدة؟
- ما هي حسنات هذه التجربة الّتي أُجريت في المختبر مقارنة بالمشاهدات في الطبيعة؟

هل كلّ حاجز تكاثر يجب أن يكون حاجز جغرافيّ؟

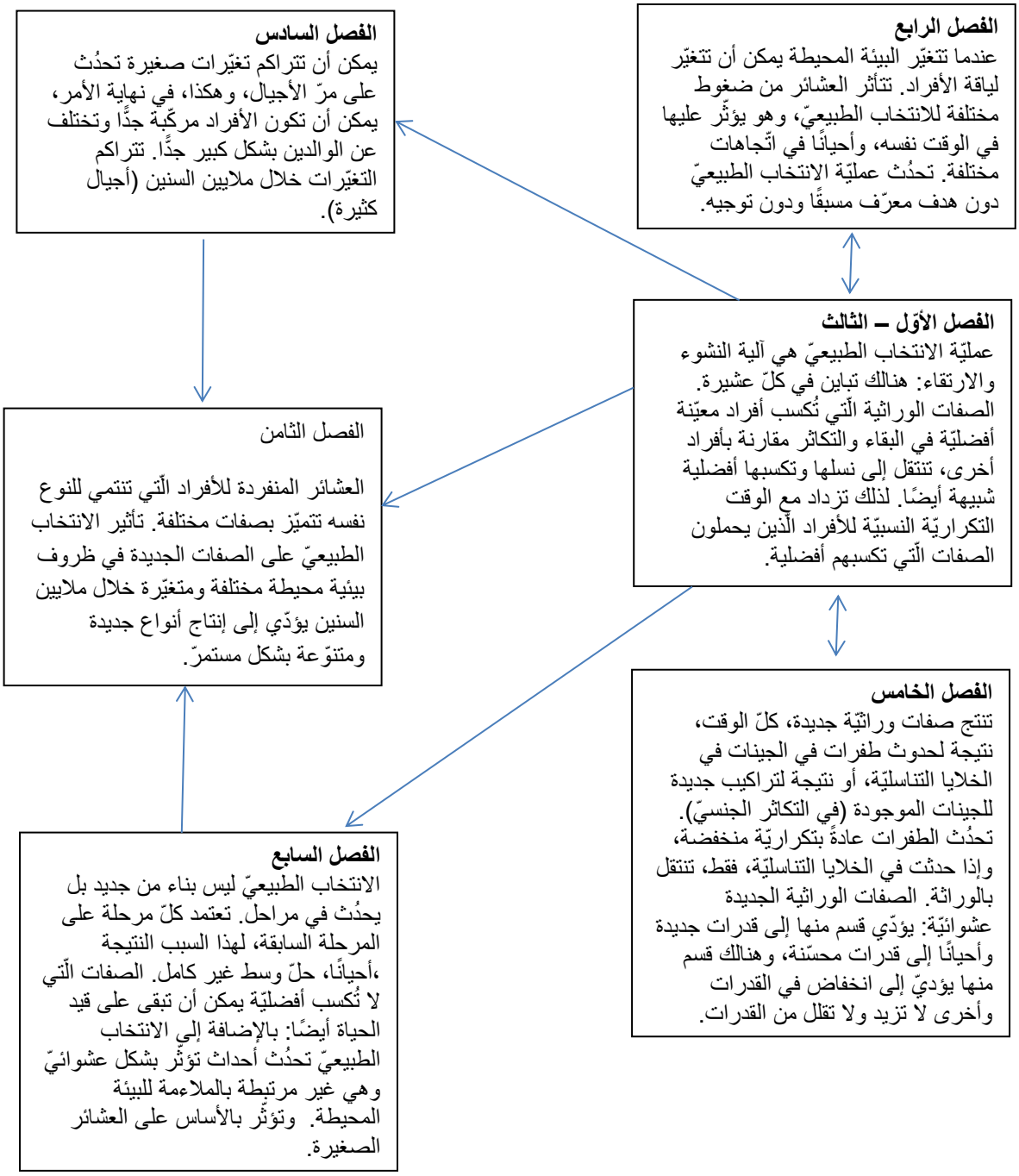
لا! هنالك حالات تتقاسم فيها أفراد مكان المعيشة نفسه (هذا يعني أنّه لا يوجد بينها حاجز جغرافيّ) وعلى الرغم من ذلك، لا تستطيع أن تتكاثر فيما بينها.

إذا كانت الأفراد الموجودة في المكان الجغرافيّ نفسه غير فعّالة في الزمن نفسه (بل في ساعات أخرى من اليوم أو في فصول مختلفة)، يوجد بينها حاجز زمنيّ (حتّى لو أنّ خلاياها الجنسيّة لا تنضج في الوقت نفسه، فهذا يُعتبر حاجز زمنيّ). مثال على ذلك نبتة أوفريس مظلي: تُزهر هذه النبتة في الشهرين شباط – آذار، أما النبتة المسمّاة "نحلة جميلة" تُزهر في الشهرين آذار – نيسان. هذا الفرق في أوقات الإزهار يمنع التكاثر فيما بينها.

إذا كانت الأفراد موجودة في المكان الجغرافيّ نفسه، فعّالة في الوقت نفسه، لكنها لا تريد أن تتكاثر فيما بينها، يوجد بينها حاجز سلوكيّ. رأينا، مثلًا، أنّ ذباب النشا وذباب المالتوز يختار أن يتكاثر مع أفراد تنتمي إلى مجموعته. يمكن أن ينبع الاختيار المختلف من أنّ أفراد مجموعة معيّنة لا تميّز لغة المغازلة لأفراد من مجموعة أخرى.

هنالك حاجز تشريحي، أحيانًا، بين الأفراد. الأعضاء التناسليّة أو الخلايا التناسليّة غير ملائمة لبعضها. هنالك حاجز كروموسوماليّ وجيني أيضًا. بسبب عدم الملاءمة في هيئة الكروموسومات، لا تنتج أفراد أو أنّ الأفراد الّتي تنتج غير خصبة بذاتها (كما هو الأمر مع الحمار والحصان).

خريطة التعلّم:



المصطلحات الجديدة الّتي تعلّمناها في هذا الفصل:

نوع بيولوجيّ

حاجز تكاثر

انقراض كائنات حيّة خلال عمليّة النشوء والارتقاء

نعرف اليوم أنّ هنالك عدّة ملايين من الأنواع المختلفة على الكرة الأرضيّة، ويقدّرون أن عدد الأنواع الحقيقيّ أعلى بمقدار 10 أضعاف (حوالي 10^7 نوع). يعتقد العلماء بناء على دلائل من المتحجرات، بالأساس، أنّه خلال تاريخ الكائنات الحيّة، منذ بداية الحياة وحتّى يومنا هذا، كان هنالك حوالي 10^9 نوع من النباتات والحيوانات، هذا يعني 100 ضعف الكائنات الحيّة الّتي تعيش اليوم على الكرة الأرضيّة. يقدّر العلماء أنّ 90% من أنواع النباتات (بالأساس طحالب) وحوالي 60%-70% من الأنواع الأخرى انقرضت خلال النشوء والارتقاء. الانقراض معناه إبادة جميع الكائنات الحيّة من النوع نفسه.

نميّز بين نوعين من الانقراض حسب عدد الأنواع المنقرضة، الحيّز الجغرافيّ الّذي تعيش فيه هذه الأفراد والفترة الزمنيّة الّتي طرأ فيها الانقراض. انقراض قليل هو انقراض نوع واحد فقط أو عدّة أنواع نتيجة لتغيّرات قليلة في البيئة المحيطة. انقراض واسع النطاق، هو انقراض يحدُث خلال فترة زمنيّة قصيرة نسبيًّا، في حيّز جغرافيّ كبير في أعقاب تغيير كبير، ويؤثّر على أنواع كثيرة.

حدث الانقراض المشهور (لكنه ليس الأكبر) قبل 65 مليون سنة، وقد انقرضت فيه الديناصورات أيضًا. حدث هذا الانقراض بسبب تغيير فجائيّ في شروط البيئة المحيطة الّذي ما زال قيد البحث.

تُشير الدلائل الموجودة اليوم، مع الباحثين، إلى أنّ وتيرة انقراض الأنواع ازدادت جدًّا منذ ظهور الإنسان. أدّت الصناعة المتطوّرة ومستوى الحياة المتزايد إلى تلوث الهواء، البحر واليابسة وإلى كوارث بيئية صعبة. نشر الاتحاد العالميّ للحفاظ على الطبيعة (IUCN) في "الكتاب الأحمر"[3] معطيات عن الأنواع المهددة بخطر الانقراض، وقد ذُكر في هذا الكتاب أنّ أكثر من 15000 نوع مهدد بخطر الانقراض (صحيح حتى سنة 2004).

جميع الكائنات الحيّة، كما هو معروف، بما في ذلك الإنسان هي جزء من سلسلة غذائيّة معقدة ومركّبة. السلسلة الغذائيّة مكوّنة من نباتات تتغذى عليها حيوانات ومن حيوانات تتغذى على حيوانات. العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحيّة معقدة لدرجة أنّه من الصعب أن نتوقع ما يحدث للسلسلة الغذائية إذا انقرضت أنواع معيّنة.

- حدثت كارثة قبل 250 مليون سنة، وقد مات فيها 96% من مجمل الكائنات الحيّة الّتي عاشت في تلك الفترة. إلى أي نوع من نوعيْ الانقراض ينتمي هذا الانقراض؟
- إذا انخفض تأثير الإنسان على نسبة الانقراض، هل يتوقف الانقراض في الطبيعة؟
- هل يمكن أن نمنع حدوث انقراض؟
- يختفي قسم كبير جدًّا من الأنواع خلال الانقراض واسع النطاق، وفي أعقاب إنتاج أنواع جديد يزداد، مرّة أخرى، تعداد الأنواع. هل تنتج، حسب رأيكم، بعد الانقراض الأنواع الّتي انقرضت؟

يمكن القول: إنّ جميع الأنواع البيولوجيّة هي "سكان مؤقتة" على سطح الكرة الأرضيّة، ونهاية كلّ نوع أنّه ينقرض. معدّل حياة النوع على الكرة الأرضيّة حوالي 10 ملايين سنة، هنالك أنواع شاذة كالصراصير التي تعيش على الكرة الأرضيّة أكثر من مائتين مليون سنة. على الرغم من الانقراض الواسع النطاق خلال النشوء والارتقاء، وعلى الرغم من وجود انقراض مستمرّ من الأنواع، إلّا أنّ تعداد الأنواع الّتي تعيش على الكرة الأرضيّة هائل. كيف تشرحون ذلك؟

أُقيمت في السنوات الأخيرة منظمات كثيرة في العالَم (وفي البلاد أيضًا) تهدف إلى الحفاظ على البيئة المحيطة وعلى الأنواع الّتي تعيش فيها. مع ازدياد الوعي للحفاظ على تنوع الأنواع، تمّ تحديد ترخيص الصيد وقطع الأشجار، وقد غُرست غابات كثيرة وأُجريت محاولات لإنقاذ أنواع مهددة بخطر الانقراض.

[3] موقع "الكتاب الأحمر" www.redlist.org