# الفصل 56

# بيئة المجتمعات
# Community Ecology

## مقدّمة

**المخلوقات الحية التي تعيش معًا في مكان واحد كلها هي أعضاء في مجتمع.** الأعداد الضخمة من الأنواع التي تستوطن الغابات الاستوائية المطرية تُشكِّل مجتمعًا. في الحقيقة، كل مكان مأهول على الأرض يدعم مجموعة المخلوقات المُتنوعة الخاصة التي تعيش فيه. بمرور الزمن، أجرت الأنواع المختلفة التي تعيش معًا تعديلات مُعقَّدة تناسب العيش في المجتمع، فتطورت معًا، وصاغت علاقات أعطت المجتمع صفته واستقراره. أدى كلّ من التعاون والتنافس دورين أساسيين. في هذا الفصل، سندرس هذه العوامل وغيرها في بيئة المجتمع.

## موجز المفاهيم

### 56-1 المجتمعات الحيوية: الأنواع تعيش معًا

- *صُوِّرت المجتمعات بطرق مُختلفة.*
- *تتغير المُجتمعات مع الوقت.*

### 56-2 مفهوم العشّ البيئي

- *الأعشاش البيئية الأساسية مُحتملة، والأعشاش البيئية المُتحققة حقيقية.*
- *يمكن أن يحدث الإقصاء التنافسي عندما تتنافس الأنواع على مصادر مُحدَّدة.*
- *التنافس قد يُؤدي إلى تقسيم المصادر.*
- *الكشف عن التنافس بين الأنواع يُمكن أن يكون صعبًا.*

### 56-3 العلاقات بين المفترس – الفريسة

- *يُؤثر الافتراس بقوة في جماعة الفريسة.*
- *تكيفات النبات تدافع ضد العاشبات.*
- *تكيفات الحيوان تحميه من المفترسات.*
- *المحاكاة تُمكِّن نوعًا مُعينًا من استغلال طرق الدِّفاع لنوع آخر.*

### 56-4 الأنواع المتعددة لتفاعلات الأنواع

- *يتطلب التَّكافل تفاعلًا طويل المدى.*
- *يُفيد التَّعايش نوعًا واحدًا، وهو متعادل بالنسبة إلى الآخر (لا يضره ولا ينفعه).*
- *التَّقايض علاقة تُفيد الطرفين.*
- *يُفيد التَّطفل أحد الأنواع على حساب الآخر.*
- *العمليات البيئية لها تأثيرات تفاعلية.*
- *الأنواع الرئيسة لها تأثيرات أساسية في المُجتمعات.*

### 56-5 التَّعاقب البيئي والاضطراب وغنى الأنواع

- *يُنتج التَّعاقب البيئي تغيُّرًا في تركيب الأنواع.*
- *يُمكن أن تقوم الاضطرابات بدور مهم في تركيب المُجتمعات.*

openlandia.com

# 1-56 المجتمعات الحيوية: الأنواع تعيش معًا

أي مكان على الأرض تحتله أنواع تقريبًا. الكثير من الأنواع في بعض الأحيان، مثل النباتات المطرية في الأمازون، وأحيانًا أُخرى القليل منها، كما بالقرب من المياه الحارة في الينابيع الساخنة في يلوستون (حيث تعيش بعض أنواع الأحياء الدَّقيقة هناك). يعني مُصطلح **مجتمع Community** أنواعًا تعيش في أي منطقة مُحدَّدة (الشكل 56-1). تتميَّز المُجتمعات، إما بالأنواع التي تعيش فيها، أو بخصائصها، مثل **غنى الأنواع Species richness** (عدد الأنواع الموجودة) أو **الإنتاجية الأولية Primary productivity** (مقدار الطاقة المُنتجة).

تحكم التَّفاعلات بين أعضاء المُجتمع مُعظم العمليات البيئية والتَّطورية. هذه العمليات مثل الافتراس وتبادل المنفعة تُؤثر في بيولوجية الجماعة لنوع معين -على سبيل المثال ازدياد توافر هذه الجماعة أو قلتها – إضافة إلى كيفية دوران الطاقة والمواد الغذائية في النِّظام البيئي. فضلًا على ذلك، فإنَّ مُكونات المُجتمع تُؤثر في أنماط الانتخاب الطبيعي التي يواجهها النَّوع، ومن ثم مسار التَّطور الذي يسلكه.

يدرس العلماء المجتمعات الحيوية بطرق عدّة، تتراوح بين الملاحظات المُنفصلة والتجارب الواسعة النطاق. في بعض الأحيان، كانت الدِّراسات تركز على المجتمع ككل، وفي أحيان أُخرى على مجموعة جزئية من الأنواع التي يُمكن لها أن تتفاعل مع بعضها. وعلى الرَّغم من عدّ العلماء أحيانًا هذه المجموعات الجزئية مجتمعات (مثال، "مجتمع العناكب")، إلا أنَّ استعمال تعبير **تجمُّع Assemblage** أكثر مُلاءمة للإشارة إلى أن الأنواع المُستعملة هي جزء من المُجتمع الكامل.

## صُوّرت المجتمعات بطرق مختلفة

هناك تصوران لتركيب المُجتمعات ووظيفتها. **مبدأ الاستقلالية Individualistic concept**، الذي تبناه H. A. Gleason من جامعة شيكاغو في أوائل القرن العشرين، ينص هذا المبدأ على أنَّ المُجتمع هو تجمُّع للمخلوقات الحية في مكان واحد.

وعلى عكس هذا المبدأ، فإن **مبدأ الكُلِّية (أو الشمولية) Holistic concept** الذي يمكن تتبعه في أعمال العالم كلمنتس F. E. Clements، قبل قرن تقريبًا، قد صور المجتمعات على أنها وحدة مُتكاملة. وعلى هذا، فإنَّ المُجتمع يُمكن تصويره بوصفه مخلوقًا ضخمًا خارقًا تطورت الأنواع المُكونة له معًا لدرجة أنَّها تعمل بوصفها جزءًا من كل أكبر، مثلما تعمل الكِلْية والقلب والرئتين كلها معًا داخل جسم الحيوان. بهذا التَّصور إذن، يكون حجم المُجتمع أكبر من مجموع أجزائه.

هذان التَّصوران يصنعان توقعات مُختلفة عن تكامل المجتمعات عبر الزمان والمكان. إذا كانت المُجتمعات، كما يوحي به مبدأ الاستقلالية، ليست إلا خليطًا من الأنواع تعيش معًا، فإنه بالحركة جغرافيًّا عبر المكان، أو بالعودة عبر الزمان، لا نتوقع رؤية المُجتمع نفسه. أي إنَّ الأنواع يجب أن تظهر، وتختفي بشكل مُستقل، اعتمادًا على حاجات النوع البيئية الخاصة. وعلى العكس، إذا كان المجتمع وحدة مُتكاملة، فإنَّنا سوف نضع التَّوقع المُقابل: يجب أن تبقى المجتمعات عبر الزمان والمكان، إلى أن يتم استبدالها بشكل كامل عن طريق مجتمعات مختلفة تمامًا، عندما تكون التَّغيرات البيئية كبيرة.

## تتغير المُجتمعات مع الوقت

يُفضل علماء البيئة اليوم مبدأ الاستقلالية. والأهم من هذا أن الأنواع يبدو أنها تستجيب بشكل مُستقل لتغير الظروف البيئية. ونتيجة لذلك، فإنَّ تركيب المُجتمع يتغير تدريجيًّا عبر المكان، بحيث تظهر أنواع، وتصبح أكثر وجودًا، في حين تقل وفرة أنواع أخرى، وتختفي أخيرًا.

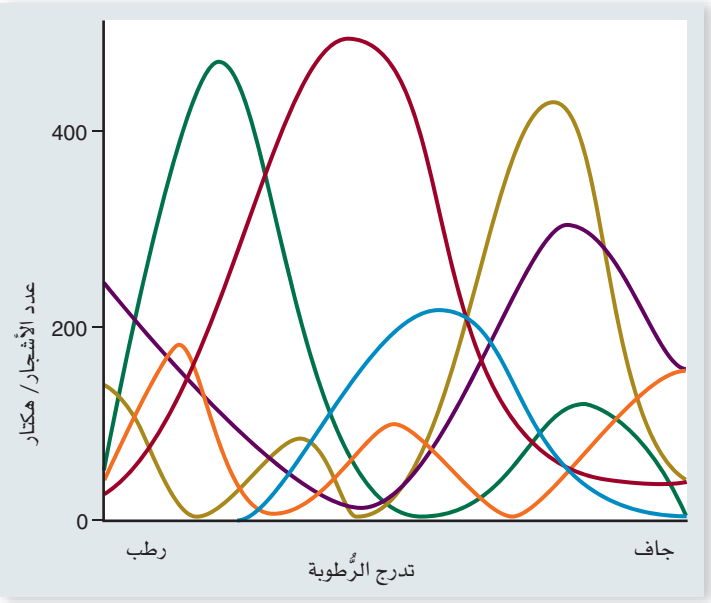
المثال المشهور على هذا النمط هو وجود أنواع من الشجر في جبال سانتا كاتالينا في أريزونا على طول تدرُّج جغرافي من جاف جدًا إلى كثير الرطوبة. يُوضِّح الشكل 56-2 أنَّ الأنواع يُمكن أن تُغيِّر وفرتها بأنماط، هي على الأغلب، مُنفصلة عن بعضها. نتيجة لذلك، توجد مُجتمعات الأشجار في مواقع مُختلفة في هذه الجبال على شكل متصل، إذ يلتحم الواحد منها مع الآخر، بدلًا من أن تُمثِّل مجموعات مُختلفة مُنفصلة من الأنواع.

الشكل 56-1

**مجتمع السافانا الإفريقي.** يتكوَّن المجتمع من أنواع -نباتات، وحيوانات، وفطريات، وطلائعيات، وبدائية النوى- توجد في منطقة، في هذه الحالة متنزه إتوشا الوطني في ناميبيا.



obeikandl.com




## الشكل 56-2

**وفرة أنواع من الأشجار على طول تدرُّج في الرطوبة على جبال سانتا كاتالينا في جنوب شرق أريزونا.** يُمثِّل كل خط وجود نوع مُختلف من الأشجار. نمط وجود كل نوع مُنفصل عن وجود نوع آخر. لذا، فإنَّ تركيب المُجتمع يتغير باستمرار على طول التَّدرُّج.

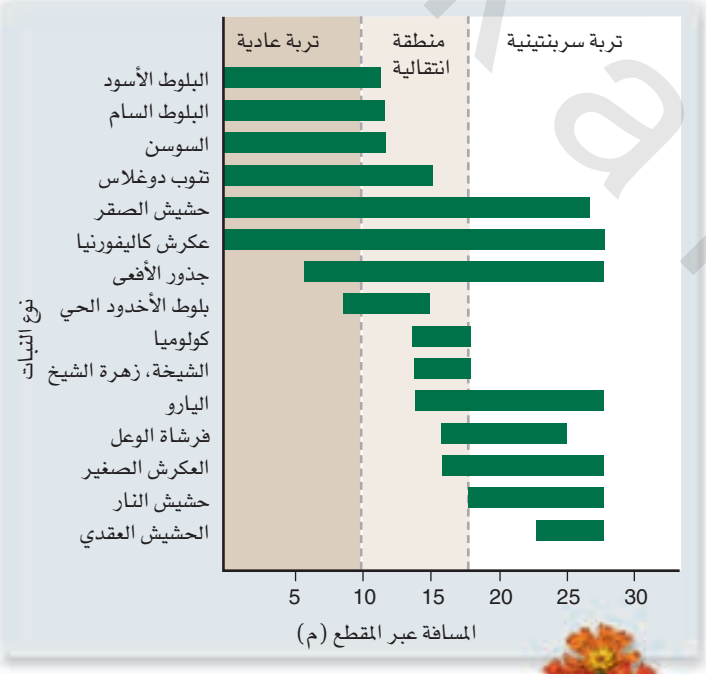
### استقصاء

***لماذا يقوم النوع بأنماط مختلفة من الاستجابة للتغير في الرطوبة؟***

يُمكن مُشاهدة أنماط مُشابهة عبر الزمن في علم دراسة الأحافير. على سبيل المثال، هناك سجل جيد جدًا لمتحجرات أشجار وثدييات صغيرة كانت موجودة في أمريكا الشمالية قبل 20.000 سنة. لقد أظهرت دراسة مُجتمعات ما قبل التاريخ القليلَ من الشبه بالأنواع الموجودة الآن. كثير من الأنواع التي توجد الآن معًا لم تكن موجودة معًا في الماضي. وبالعكس، فالأنواع التي اعتادت على الوجود في المُجتمعات نفسها لا تتداخل غالبًا اليوم في حدودها الجغرافية. هذه الاكتشافات تُشير إلى أنَّه عندما تغيَّر المُناخ خلال العصور الجليدية، استجابت الأنواع بشكل مُستقل، وليس بإزاحة توزيعها معًا، كما يُتوقع لو أنَّ المُجتمع كان وحدة متكاملة واحدة.

على الرَّغم من ذلك، في بعض الحالات، يتغير ظهور الأنواع جغرافيًّا في المُجتمع بنمط متناسق. يحدث هذا غالبًا في المناطق الانتقالية بين **مجتمعين Ecotones**، وهي الأماكن التي تتغير فيها البيئة بشكل مُفاجئ. مثلًا، في غرب الولايات المتحدة، تحتوي رقع بيئية أنواعًا من التربة السربنتينية. تختلف هذه التربة عن التربة العادية بطرق عدة، مثلًا، تركيز عالٍ من النيكل والكروم والحديد؛ وتراكيز قليلة من النحاس والكلس. بمقارنة أنواع النباتات التي تعيش في ترب مختلفة ظهر أنَّ هناك مُجتمعات منفصلة توجد في كل نوع تربة، مع انتقال مُفاجئ من نوع إلى آخر خلال مسافة قصيرة (الشكل 56-3). شوهدت عمليات تحوُّل مُشابهة عند التقاء بيئات مُختلفة بشكل كبير مع بعضها. مثلًا عند نقطة التقاء البيئتين: البرية والمائية، أو عند التقاء المراعي مع الغابات.

**يشمل المُجتمع كل الأنواع التي تُوجد في المكان نفسه. في مُعظم الحالات، يتنوَّع أعضاء المُجتمع بشكل مُستقل عن بعضهم في الوفرة عبر المكان والزمان.**




## الشكل 56-3

**التغير في تركيب مجتمع عبر المنطقة الانتقالية بين مجتمعين.** تجمُّعات النبات على تربة عادية وتربة سربنتينية مُختلفة بشكل كبير، تقع المنطقة الانتقالية بين مجتمع وآخر على مسافة قصيرة.

### استقصاء

***لِمَ يكون هناك انتقال حاد بين مجتمع حيوي وآخر؟***

Obeikandl.com

# 2-56 مفهوم العشّ البيئي

يُواجه كلّ مخلوق حيّ في المجتمع تحدّيات البقاء بطريقة مُختلفة. **العشّ البيئي Niche** هو مجموع كل الطُّرق التي يستخدم فيها المخلوق مصادر بيئته الخاصة. يُمكن وصف العشّ البيئي بدلالة استعمال المكان، واستهلاك الغذاء، ومدى درجات الحرارة، والبيئة المُناسبة للتَّكاثر، وحاجته إلى الرطوبة، وعوامل أخرى.

في بعض الأحيان، لا يتمكَّن نوع ما من احتلال كامل عشّه البيئي بسبب وجود أو غياب نوع آخر. يُمكن للنَّوع الواحد أن يتفاعل مع نوع آخر بطرق عدّة، ويُمكن لهذه التَّفاعلات أن يكون لها تأثير سلبي أو إيجابي. من أنواع هذه التَّفاعلات **التنافس بين الأنواع (بين النوعي) Interspecific competition**، ويحدث عندما يحاول نوعان استخدام المصادر نفسها، عندما لا يكون هناك ما يكفي للاثنين. التَّفاعلات الفيزيائية للحصول على المصادر – مثل العراك للدِّفاع عن منطقة، أو لطرد مخلوق من مكان ما – تُعرف **بالتَّنافس التداخلي Interference competition**؛ ويُسمّى استهلاك المصادر نفسها **التنافس الاستغلالي Exploitative competition**.

## الأعشاش البيئية الأساسية مُحتملة؛ والأعشاش البيئية المُتحققة حقيقية

يُسمّى كامل العشّ الذي يُمكن للنوع أن يستخدمه، اعتمادًا على حدود تحمّله الفسيولوجية واحتياجاته للمصادر، **العشّ الأساسي Fundamental niche**. وتُسمّى المجموعة الحقيقية من الظروف البيئية، التي تشمل وجود أو غياب الأنواع الأخرى، حيث يستطيع النوع تأسيس جماعة مُستقرة، **العشّ المُتحقق Realized niche**. وبسبب التَّفاعل بين النوعين، فإنَّ العشّ المتحقق يُمكن أن يكون أصغر من العشّ الأساسي للنَّوع بصورة واضحة.

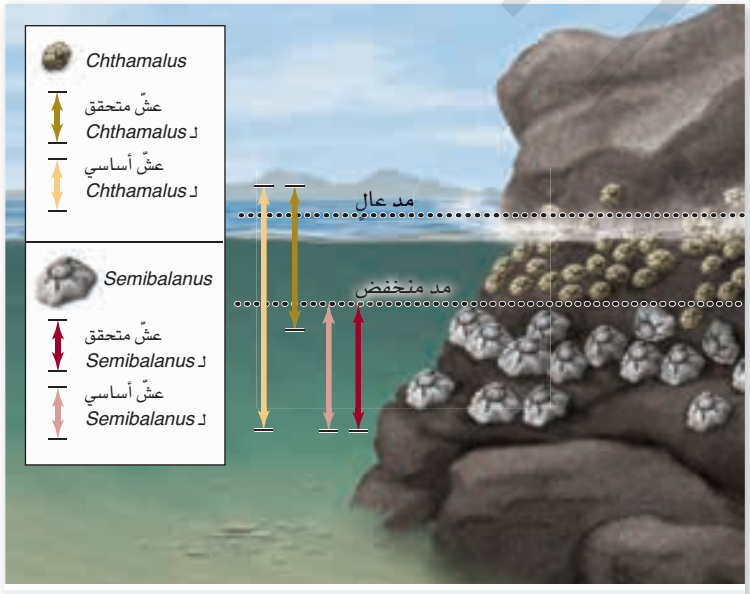
### التَّنافس بين الأنواع لاحتلال الأعشاش البيئية

بحثت الدِّراسات الكلاسيكية للعالِم كونل J. H. Connell من جامعة كاليفورنيا، بسانتا بربارا، في التَّفاعل التَّنافسي بين نوعين من البرنقيل يعيشان معًا على الصخور على طول الساحل في سكوتلندا. درس كونل نوعين من هذه المخلوقات، الأول اسمه العلمي *Chthamalus stellatus* يعيش في المياه الضحلة، حيث تعمل الأمواج على تعريضها للهواء، أما النوع الثاني، واسمه العلمي *Semibalanus balanoides* (الاسم *Balanus balanoides* حتى عام 1995) فيعيش في منطقة أعمق، حيث نادرًا ما يتعرض للغلاف الجوي (الشكل 56-4). في هذه الأماكن، يُعدّ الحيز ذا أولوية. في المنطقة الأعمق، حيث تعيش *S. balanoides* عادة، تتنافس *C. Stellatus* معها عن طريق التزاحم على الصخور، فتُقلِّل منها، وتحل محلها، حيث تبدأ هي في النمو، وهذا مثال على التَّنافس التَّداخلي.

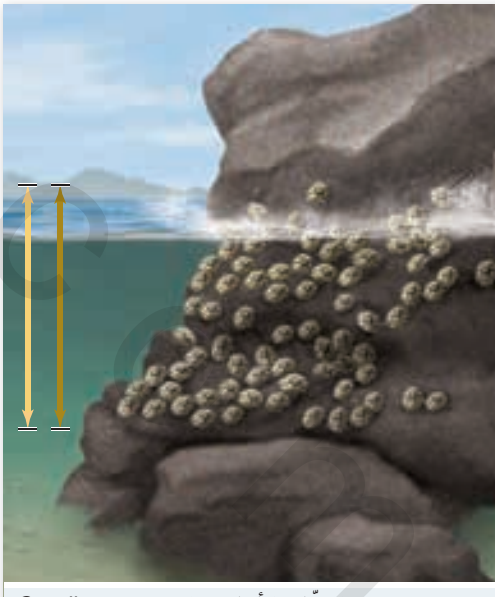
عندما أزال كونل *S. balanoides* من المنطقة، فإنَّ *C. Stellatus* احتلت مكانها بسهولة ما يبيّن عدم وجود عوائق فسيولوجية أو غير ذلك تمنعها من الوجود في هذه المنطقة. في المقابل، لا تستطيع *S. balanoides* العيش والبقاء في المياه الضحلة- حيث توجد *C. Stellatus*؛ لأنها لا تملك التَّكيُّفات الفسيولوجية للحرارة الدافئة التي يمتلكها النوع *C. Stellutus* التي تُمكِّنها من العيش في هذه المنطقة. لذلك، فإنَّ العشّ الأساسي *C. Stellatus* يشمل المياه الضحلة والعميقة، ولكن عشّها المتحقق أضيق بكثير؛ لأن *S. balanoids* تتفوَّق عليها تنافسيًّا في أجزاء من عشّها الأساسي. على العكس، فإنَّ العشّ الأساسي والمُتحقق لـ *S. balanoides* يبدو أنهما مُتطابقان.

### أسباب أخرى لتحديد العشّ البيئي

يُمكن لعمليات أُخرى غير التَّنافس أيضًا أن تُحدِّد العشّ المُتحقق للنوع. فمثلًا، أُدخلت حشيشة القديس يوحنا (*Hypericum perforatum*) وأصبحت واسعة



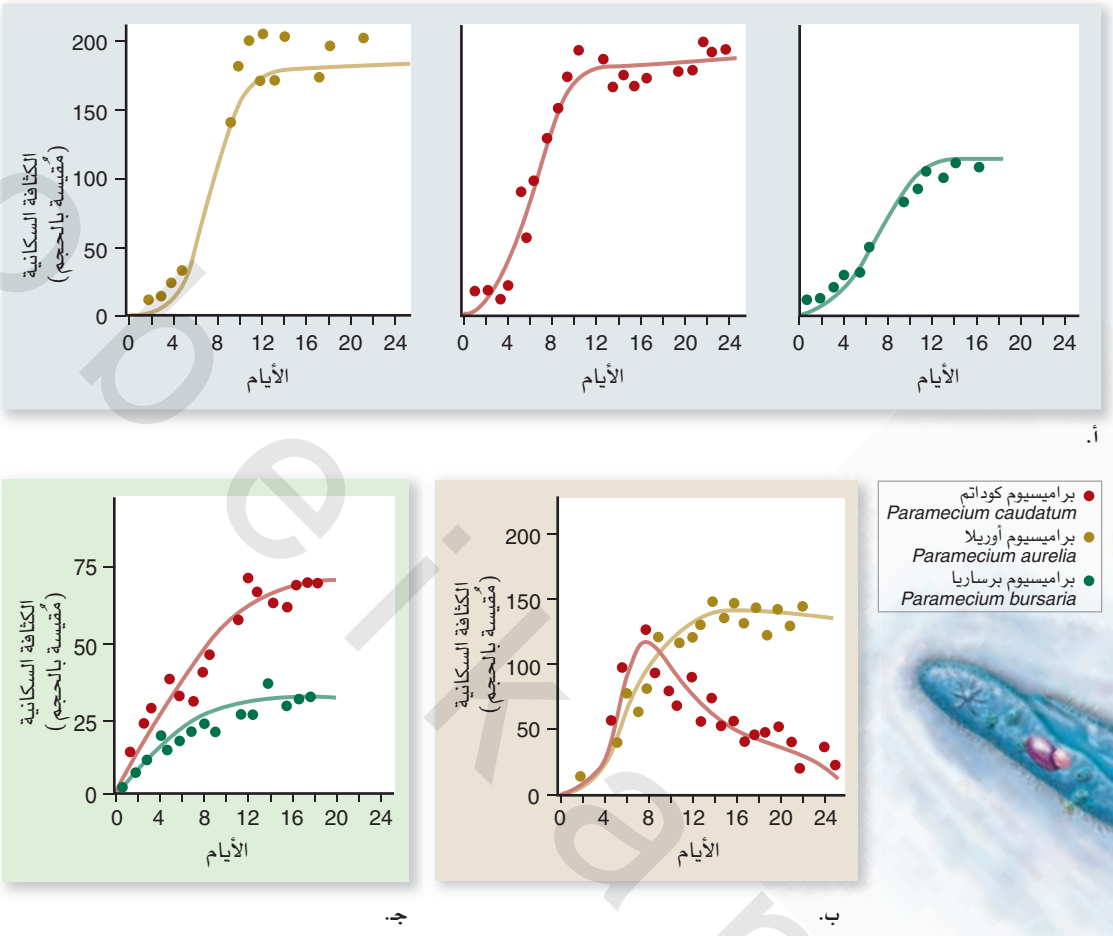

*C.stellatus* و *S.balanoides* يتنافسان



العشّان: الأساسي والمتحقق لـ *C.stellatus* متشابهان عند إزالة *S.balanoides*.

**الشكل 56-4**

**التَّنافس بين نوعين من البرنقيل.** العشّ الأساسي لـ *Chthamalus stellatus* يشمل كلًّا من المناطق العميقة والضحلة، ولكن *Semibalanus balanoides* يجبر *C. stallatus* خارجًا من عشه الأساسي الذي يتداخل مع العشّ المتحقق لـ *Semibalanus*




**الشكل 56–5**

**الإقصاء التَّنافسي بين ثلاثة أنواع من البراميسيوم.** في العالم المجهري، يُعَدُّ البراميسيوم مفترسًا شرسًا، فهو يفترس الأوليات الصغيرة. أ. وجد العالم جاوس في هذه التجربة أنَّ ثلاثة أنواع من البراميسيوم تنمو جيدًا كلٌّ وحده في أنابيب الاختبار. ب. على الرَّغم من ذلك، تناقص النَّوع *P. caudatum* في العدد لدرجة الانقراض عندما عاش مع النَّوع *P. aurelia* لأنَّ كلا النوعين تشاركا العشّ المتحقق نفسه، وتفوق *P. aurelia* تنافسيًّا على *P.caudatum* من أجل مصادر الغذاء. جـ. استطاع *P.caudatum* و *P. bursaria* التعايش معًا؛ لأنَّ لكل واحد منهما عشًّا متحققًا مختلفًا عن الآخر؛ ولهذا تجنبا التَّنافس.

الانتشار في البيئات المفتوحة على طول الأراضي الموجودة في كاليفورنيا إلى أن تمَّ إحضار خنفساء مُتخصِّصة للسيطرة عليها. انخفض حجم جماعة هذا النبات بسرعة، وهو الآن موجود فقط في المناطق الظليلة، حيث لا تنجح هذه الخنفساء. في هذه الحالة، حدَّد وجود المُفترس العشّ المُتحقق للنَّبات.

في بعض الحالات، يُؤدي غياب أنواع أخرى إلى عش متحقق أصغر. فالكثير من نباتات أمريكا الشمالية تعتمد على الحشرات في التَّلقيح؛ وقد قُدِّرت قيمة التَّلقيح للمزارع الأمريكي بأكثر من بليوني دولار سنويًّا. من ناحية أخرى، تقل جماعات المُلقحات حاليًّا لأسباب مُختلفة. جماعات المُحافظة على البيئة قلقون من أن غياب هذه الحشرات من بعض البيئات سيؤدي إلى تضاؤل العشّ الخاص للكثير من النباتات أو اختفائه تمامًا. في هذه الحالة، إن غياب – وليس وجود- نوع آخر هو السبب في أنَّ بيئته المتحققة أصبحت أصغر.

## يمكن أن يحدث الإقصاء التنافسي عندما تتنافس الأنواع على مصادر محددة

في تجارب كلاسيكية أُجريت عامي 1934 و1935، درس العالم الروسي جاوس *G. F. Gause* التنافس بين ثلاثة أنواع من البراميسيوم؛ الحيوان الطلائعي الصغير. كل نوع من هذه الأنواع نما بشكل جيد في أنابيب الزراعة، عندما زُرع وحده، مُتغذيًا على البكتيريا والخميرة التي تتغذى على دقيق الشوفان المُذاب في سائل الزراعة (الشكل 56–5 أ). من ناحية أخرى، عندما زرع جاوس *P. aurelia* مع *P. caudatum* في أنبوب الزراعة نفسه، فإنَّ عدد *P. caudatum* انخفض حتى الانقراض، تاركًا *P. aurelia* وحيدًا (الشكل 56–5 ب). لماذا حدث هذا؟ وجد جاوس أنَّ *P. aurelia* يستطيع النمو أسرع بست مرات من مُنافسه *P. caudatum* لأنَّه قادر على استغلال المصادر المحدودة والمُتاحة بشكل أكبر، وهذا مثال على التَّنافس الاستغلالي.

من تجارب كهذه، كتب جاوس صيغة ما يُسمّى اليوم مبدأ **الإقصاء التَّنافسي Competitive exclusion**. ينص هذا المبدأ على أنَّه إذا تنافس نوعان على مصادر مُحددة، فإنَّ النوع الذي يستخدم المصادر بفاعلية أكبر في النِّهاية يُزيل الآخر من المكان. بكلمات أُخرى، لا يستطيع نوعان لهما العشّ الخاص نفسه الوجود معًا إذا كانت المصادر محدودة.

### تداخل البيئات الخاصة (العشّ الخاص) والتعايش المُشترك

في تجربة أُخرى، تحدى جاوس *P. caudatum* النَّوع المُنهزم في تجربته السابقة بنوع ثالث، *P. bursaria* لأنَّه توقع أنَّ هذين النَّوعين يتنافسان على البكتيريا المحدودة بوصفها غذاءً، اعتقد جاوس أن أحدهما سيفوز في النهاية، كما حدث في التَّجربة السابقة. ولكن هذا لم يحدث. وبدلًا من ذلك، عاش النَّوعان في أنبوب الزراعة معًا، وتقاسما مصادر الغذاء.

لقد كان تفسير التَّعايش المُشترك لهذين النوعين بسيطًا. في الجزء العلوي من أنبوب الزراعة، حيث كان تركيز الأكسجين وكثافة البكتيريا مرتفعين، سيطر *P. caudatum* لأنَّه كان قادرًا بشكل أفضل على التَّغذي على البكتيريا. أما في الجزء السفلي من الأنبوب، فكان تركيز الأكسجين أقل، وذلك يُشجِّع نمو

الخميرة، واستقر نوع *P. bursaria* وهذا النوع قادر على التَّغذي بشكل أفضل على الخميرة. البيئة الأساسية الخاصة لكلا النوعين كانت أنبوب الزراعة كاملًا، ولكن البيئة المتحققة كانت جزءًا من الأنبوب. وحيث إنَّ البيئة الخاصة المتحققة للنوعين غير متداخلة كثيرًا، فإن النوعين استطاعا العيش والبقاء. من ناحية ثانية، كان للتَّنافس تأثير سلبي في المُتعايشيْن (الشكل 56-5 جـ). فعندما نمت هذه الأنواع دون تنافس، وصل كلا النوعين لكثافة أكبر بثلاث مرات منها عند نموّها بوجود تنافس.

### الإقصاء التنافسي منقحًا

يُمكن اعادة صياغة مبدأ جاوس للإقصاء التنافسي كما يأتي: لا يوجد نوعان يُمكن أن يحتلا البيئة الخاصة نفسها إلى ما لا نهاية عندما تكون المصادر محدودة. وبالتأكيد، إنّ الأنواع يُمكن أن تعيش، بل تعيش معًا، عندما تتنافس على بعض المصادر المُشتركة. مع ذلك، فإنَّ فرضية جاوس تتنبأ بأنه إذا وُجِدَ مخلوقان معًا مدة طويلة، فهذا يشير إلى أن المصادر ليست محدودة، أو أنَّ البيئة الخاصة لهما تختلف دومًا في صفة أو أكثر؛ وإلا، فإنَّ أحد الأنواع يتفوق تنافسيًّا على الآخر، وسوف يتمُّ انقراض النوع الثاني.

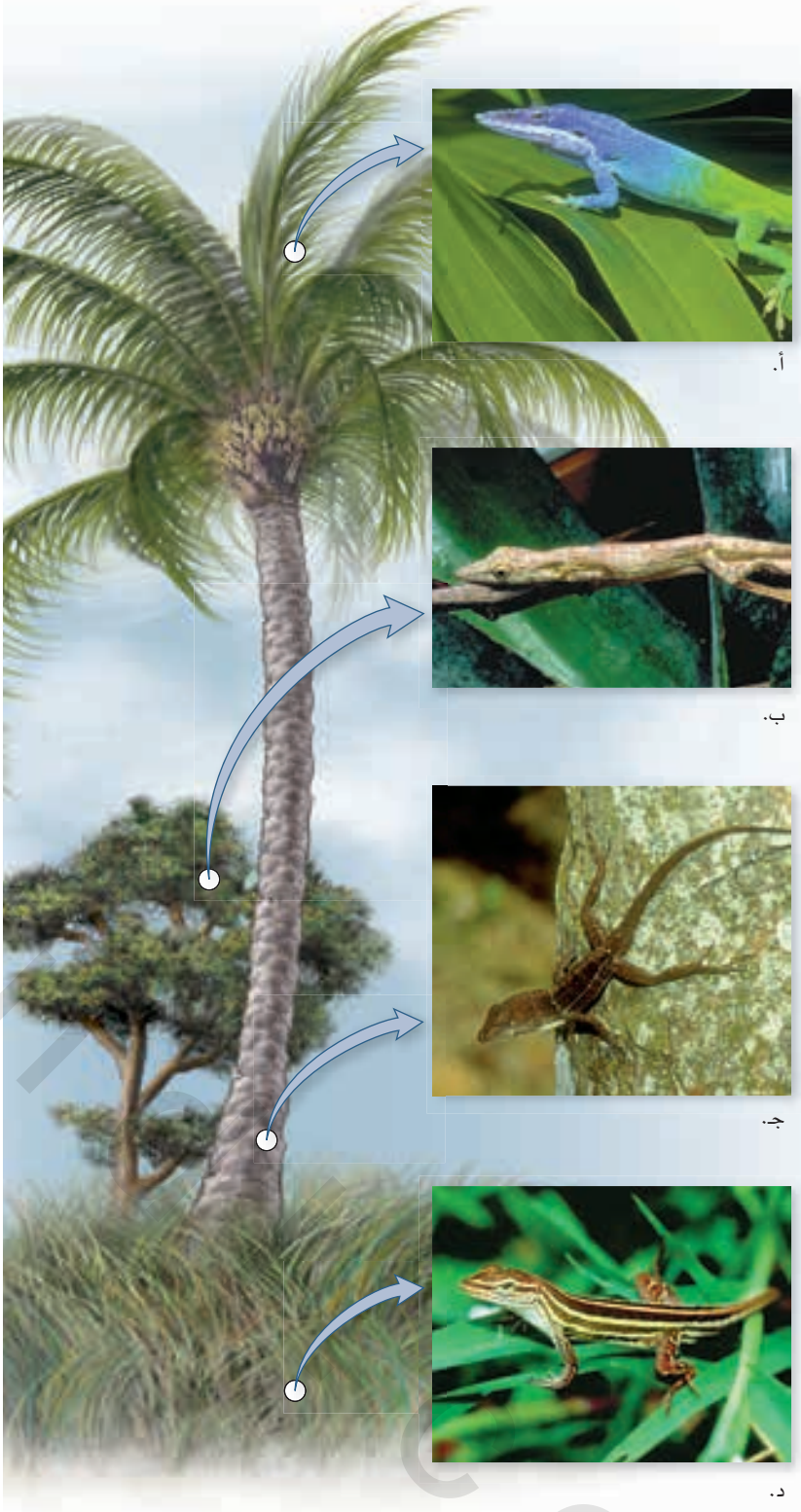
## التَّنافس قد يؤدي إلى تقسيم المصادر

إنَّ مبدأ جاوس للإقصاء التَّنافسي له نتائج مُهمة: إذا كان التَّنافس على مصدر محدود حادًّا وكثيفًا، فإنَّ أحد الأنواع سيجعل الآخر ينقرض، أو أنَّ الانتخاب الطبيعي يُقلِّل من التَّنافس بينهما.

عندما درس عالِمُ البيئة ماك آرثر Robert MacArthur خمسة أنواع من طيور الهازجة المغردة الصغيرة، وآكلة الحشرات، بدا له أنَّها تتنافس على المصادر نفسها. ولكن عندما درس هذه الطيور بدقة أكثر، وجد أنَّ كل نوع يتغذى حقيقةً في جزء مُختلف من أشجار البيسية، ومن ثم فهي تتغذى على مجموعات مُختلفة من الحشرات. فنوع من هذه الطيور يتغذى على الحشرات التي على أطراف الأغصان، ونوع ثانٍ يتغذى على الحشرات بين الأوراق، وثالث يتغذى على ما بين الأغصان السفلية، ورابع في أعالي الأشجار، وخامس على قممها. وعليه، فإنَّ كل نوع من طيور الهازجة تطور كي يستفيد من جزء مُختلف من أجزاء شجرة البيسية. أي إنها قسَّمت العشّ أكثر بينها لكي تتجنب التَّنافس فيما بينها. يُدعى تقسيم العشّ هذا **تقسيم المصادر Resource partition**.

يُمكن أن نرى تقسيم المصادر في الأنواع المتشابهة التي تحتل المنطقة الجغرافية نفسها. مثل هذه الأنواع تتجنَّب التَّنافس غالبًا، بأن يعيش كلّ منها في جزء مُختلف من البيئة، أو باستهلاك طعام مُختلف، أو باستعمال مصادر مختلفة (الشكل 56-6). يُعتقد أنَّ هذا النَّوع من تقسيم المصادر نتج عن عملية الانتخاب الطبيعي، الذي يُسبِّب بداية انشقاق المخلوقات المُتشابهة في استعمال المصادر لتقليل الضغط التنافسي.

لمعرفة ما إذا كان مثل هذا التَّشعب التَّطوري سيحدث، فإنَّ بالإمكان دراسته بمقارنة الأنواع التي تتداخل حدودها بشكل جزئي فقط. فحيثما يوجد نوعان معًا، فإنهما يتجهان غالبًا نحو إظهار تنوع أكبر في الشكل الخارجي (شكل المخلوق الحي وتركيبه) وفي استخدام المصادر أكثر مما تفعل جماعة من الأنواع نفسها مُختلفة الموطن، ولا توجد مع أنواع أخرى. ويُعتقد أنَّ الفروق الواضحة بين أنواع متحدة الموطن تحابى عن طريق الانتخاب الطبيعي بوصفه وسيلة لتقسيم المصادر، ومن ثم لتقليل المُنافسة، وهذا ما يُدعى **إزاحة الصفات Character displacement**.



أ.

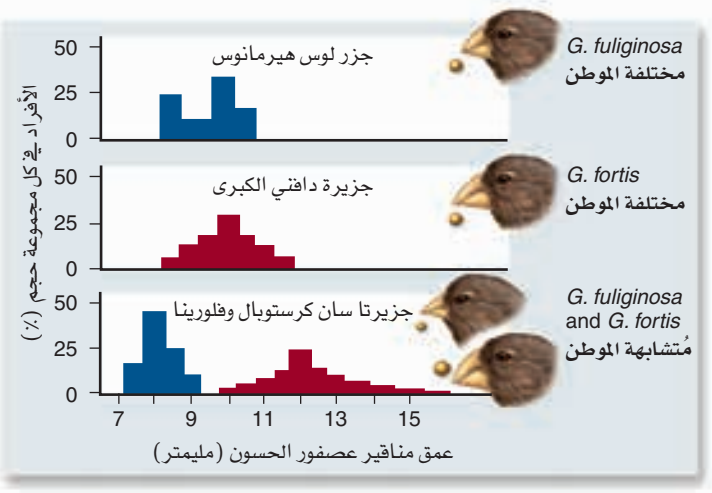
ب.

جـ.

د.

**الشكل 56-6**

**تقاسم المصادر بين سحالي الموطن نفسه.** أنواع من سحالي *Anolis* على الجُزر الكاريبية تقسم مواطنها بعدة طرق. أ. تحتل بعض الأنواع الأوراق والأغصان على قمة الأشجار. ب. تحتل أنواع أُخرى الأغصان الصغيرة على الأطراف. جـ. وتوجد أُخرى عند قاعدة الجذع. بالإضافة إلى ذلك، د. تستعمل بعض الأنواع المناطق العشبية المفتوحة. عندما يحتل نوعان الجزء نفسه من الشجرة، فإنَّهما يأكلان حشرات مُختلفة الحجم، أو يقتسمان المنطقة الحرارية الضيقة لهما؛ فعلى سبيل المثال، قد توجد واحدة من السحالي في المناطق الظليلة، في حين تستجمّ الأخرى في الشمس.




الشكل 56-7

**استبدال الصفات في طيور حسون داروين.** يمتلك نوعان من طيور الحسون (جنس *Geospiza*) مناقير لها الطول نفسه عندما تعيش في مواطن مُختلفة، ولكنها تمتلك مناقير مختلفة الطول عندما تعيش معًا في موطن واحد.

على سبيل المثال، يمتلك حسون داروين في (الشكل 56-7) مناقير مُتشابهة في القياس، حيث تكون العصافير مختلفة الموطن (كلّ منهما يعيش على جزيرة لا يعيش عليها الآخر). أما على الجزر، حيث تكون متحدة الموطن (يعيشان معًا)، فطوَّرت الأنواع مناقير بأحجام مُختلفة، حيث تكيَّف أحدها لأكل الحبوب الكبيرة، وتكيَّف الآخر ليأكل الحبوب الأصغر. إزاحة الصفة هكذا، يُمكن أن تؤدي دورًا مهمًّا في التَّوزيع التَّكيُّفي، جاعلة الأنواع الجديدة تتأقلم مع أجزاء مُختلفة من البيئة، كما بيّنا في (الفصل الـ 22).

## الكشف عن التَّنافس بين الأنواع يُمكن أن يكون صعبًا

ليس من السهل تحديد متى يتنافس نوعان. وحقيقة أن نوعين يستخدمان المصادر نفسها لا يعني المنافسة إن كانت المصادر غير محدودة. حتى لو كان حجما الجماعة لنوعين يرتبطان سلبيًّا، كأن يكون حجم جماعة أحد الأنواع كبيرًا، والنوع الآخر يملك حجم جماعة صغيرًا، أو العكس، فقد لا يتنافس النَّوعان على المصادر المحدودة نفسها. بدلًا من ذلك، فإنَّ النَّوعين يُمكن أن يستجيبا بطريقة مختلفة للصفة البيئية نفسها، ربما ينجح أحد النوعين أفضل في الظروف الدافئة، في حين ينجح الآخر في الظروف الباردة.

### دراسات تجريبية حول التَّنافس

أحد أفضل الأدلة على وجود التنافس يأتي من الدِّراسات البحثية الميدانية. بإجراء تجارب باستخدام نوعين يوجد كل منهما وحده أو معًا، يستطيع العلماء تحديد ما إذا كان وجود أحد الأنواع يُؤثِّر سلبيًّا في نوع آخر.

مثلًا، توجد أنواع مُختلفة من القوارض آكلة الحبوب في صحارى أمريكا الشمالية. أقام الباحثون عام 1988 سلسلة من المحميات 50 م × 50 م لبحث أثر جرذان الكنغر في هذه القوارض الأصغر، آكلة الحبوب. أُزيلت جرذان الكنغر من نصف هذه المحميات، ولكن ليس من النِّصف الآخر. تحتوي جدران هذه المحميات جميعها على ثقوب تسمح للقوارض بالخروج والدُّخول. ولكن في مساحات الأرض التي أُزيلت منها جرذان الكنغر، فإنَّ هذه الثقوب صغيرة، بحيث لا تتمكن جرذان الكنغر من العودة.

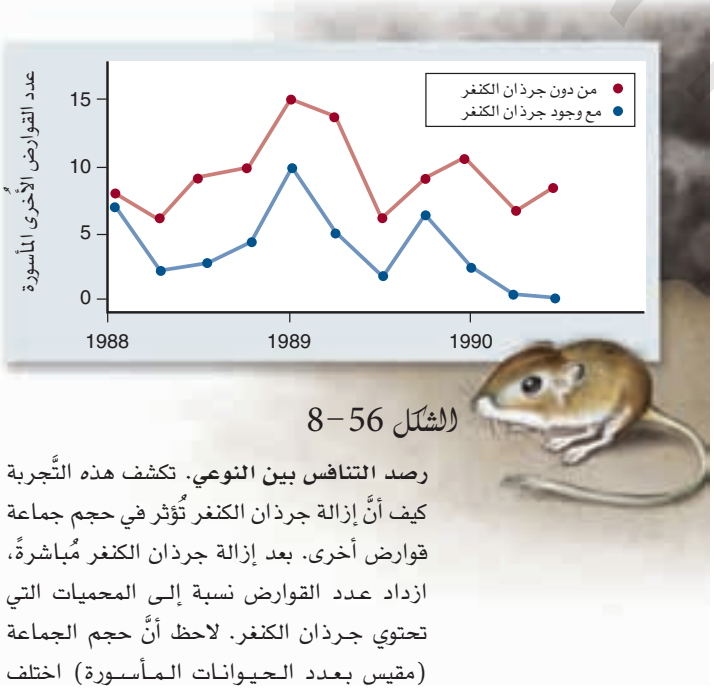
راقب الباحثون مدة 3 سنوات عدد القوارض الموجودة في هذه المحميات. ويُبيِّن (الشكل 56-8)، أنه كان عدد القوارض أعلى بشكل واضح في حالة غياب جرذان الكنغر، ما يُشير إلى أنَّ جرذان الكنغر تتنافس مع القوارض الأُخرى، وتُحدِّد أحجام جماعاتها.

عدد كبير من التَّجارب المُشابهة أشارت إلى أنَّ التَّنافس بين النوعي يحدث بين أنواع كثيرة من النباتات والحيوانات. يُمكن أن نرى تأثير التَّنافس في نواحي بيولوجية الجماعة الأخرى غير الحجم، مثل سلوك المخلوق، ومعدلات نموه. على سبيل المثال، يوجد نوعان من السحالي *Anolis* في جزيرة سانت مارتن الكاريبية. عندما وضع أحد النوعين *A. gingivinus*، في محميات 12 م × 12 م دون النوع الآخر، فإنَّ أفراد هذه السحالي نمت بصورة أسرع، وأقامت في مناطق أخفض مما قامت به السحالي نفسها، عندما وُضعت في محميات مع نوع آخر من السحالي *A. pogus*، التي عادة ما توجد قريبًا من سطح الأرض.

### نواحي القصور في الدِّراسات التجريبية

على الرَّغم من أن الدِّراسات التَّجريبية قد تكون وسائل قوية لفهم التَّفاعل بين الأنواع الموجودة معًا، ولكن يشوبها القصور.

بدايةً، الحذر مهم في تدوين النتائج لهذه التَّجارب. فالتَّأثير السلبي لنوع ما في آخر لا يدلّ بشكل تلقائي على وجود التَّنافس. فعلى سبيل المثال، الكثير من الأسماك التي لها الحجم نفسه لها تأثير سلبي في بعضها الآخر، ولكن هذا ليس بسبب التَّنافس، بل ينبع من حقيقة أنَّ البالغين في كل نوع يفترسون اليافعين من النَّوع الآخر.




الشكل 56-8

**رصد التنافس بين النوعي.** تكشف هذه التَّجربة كيف أنَّ إزالة جرذان الكنغر تُؤثر في حجم جماعة قوارض أخرى. بعد إزالة جرذان الكنغر مُباشرةً، ازداد عدد القوارض نسبة إلى المحميات التي تحتوي جرذان الكنغر. لاحظ أنَّ حجم الجماعة (مقيس بعدد الحيوانات المأسورة) اختلف بالتزامن في كلتا المُعالجتين، على ما يبدو بسبب التَّغيرات في الحالة الجوية.

**استقصاء**

***لِمَ تتزايد أعداد أكثر من أنواع القوارض عند إزالة جرذان الكنغر؟***

إضافة إلى ذلك، فإنَّ وجود أحد الأنواع يمكن أن يجذب المُفترسات أو الطفيليات التي ستفترس أيضًا النوع الآخر. في هذه الحالة، حتى لو لم يكن هناك تنافس بين النوعين، فإنَّ النوع الثاني يمكن أن يملك حجم جماعة أقل بوجود النَّوع الأول بسبب المُفترسات والطفيليات. وفي الحقيقة، لا نستطيع أن نستثني الاحتمالية السابقة من نتائج تجربة جرذان الكنغر، على الرَّغم من أنَّ التَّقارب الكبير بين المحميات (حيث كانت مُتقابلة) يقترح وجود المُفترسات أو الطفيليات نفسها فيها جميعًا. فإنَّ دراسة التَّجارب تكون أكثر فعالية عندما تترافق مع اختبارات مُفصّلة للعمليات البيئية التي تُسبِّب التَّأثير المُلاحظ لأحد الأنواع في الآخر.

ثانيًا، إنَّ الدِّراسات التَّجريبية ليست دائمًا ملائمة. فمثلًا، زادت جماعات القيوط في الولايات المتحدة في السنوات الأخيرة، وتزامن هذا الازدياد مع انخفاض في عدد الذئاب الرمادية. هل هذا مُؤشر على حدوث تنافس بين النوعين؟ وبسبب حجم حيوانات القيوط والمساحات الجغرافية الكبيرة التي يحتلها كلّ فرد منها، ولأنَّ التَّجارب العملية تحتاج إلى مساحات مُسيَّجة يوجد فيها أحد النوعين أو كلاهما – ولأنَّ كلّ تجربة يجب أن تُكرَّر مرات عدة من أجل التَّحليل الإحصائي – فإن هذه التَّجارب في هذه الحالة غير مُمكنة. وبشكل مُشابه، فإنَّ الدِّراسات على الأشجار بطيئة؛ لأنها تحتاج إلى قرون لاكتشاف التَّنافس بين الأشجار البالغة. في مثل هذه الحالات، فإنَّ الدِّراسات المُفصلة للاحتياجات البيئية لكلّ نوع هو أفضل ما نُراهن عليه لفهم التَّفاعلات بين النوعية.

**يُمكن أن تُعرَّف البيئة الخاصة (العشّ) بأنها مجموع الطرق التي يستفيد بها المخلوق من بيئته. التَّفاعل بين النوعي يُمكن أن يؤدي لأن تكون البيئة الخاصة المتحققة أصغر من البيئة الخاصة الأساسية.**

**إذا كانت المصادر محدودة، لا يُمكن لنوعين احتلال البيئة الخاصة نفسها دون تنافس يُقلل من أعداد أحدهما إلى أن ينقرض.**

**الأنواع متحدة الموطن غالبًا ما تُجزِّئ المصادر المُتاحة، فتُقلِّل حدة التَّنافس بينها.**

**تُوفر الدِّراسات التجريبية اختبارات قوية لفرضية حدوث التنافس بين النوعي، ولكن هذه الدِّراسات تفتقر إلى الكمال. الدِّراسات البيئية المُفصَّلة مُهمة بغض النظر عما إذا أُجريت هذه التجارب أم لا.**

# 3-56 العلاقات بين المفترس – الفريسة

**الافتراس Predation**: استهلاك أحد المخلوقات من قبل آخر. بهذا المعنى، يشمل الافتراس كل شيء من اصطياد، وأكل النَّمر للظبي، إلى رعي الغزلان لأعشاب الربيع.

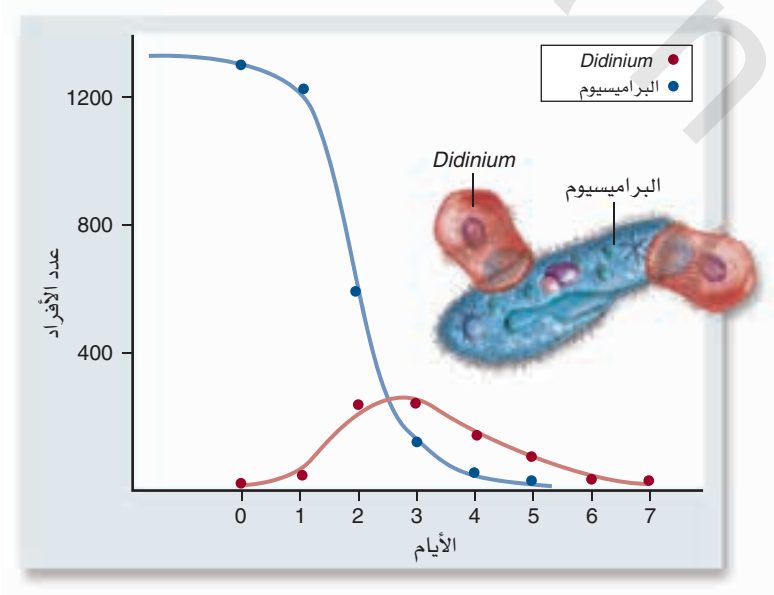
عندما وُضعت جماعات تجريبية، تحت ظروف المُختبر البسيطة، كما يتَّضح في (الشكل 56-9)، مكونة من الطلائعي المُفترس *Didinium* وفريسته من البراميسيوم *Paramecium*، غالبًا ما يقضي المُفترس على فريسته، ثم ينقرض؛ لأنَّه لم يبقَ له شي يأكله. إذا وُفرت ملاجئ (أماكن آمنة) للبراميسيوم، من ناحية ثانية، فإنَّ جماعاته تصل إلى مستويات مُنخفضة، ولكن لا تنقرض. عندما يكون مستوى جماعة الفريسة مُنخفضًا، فإنَّها ستُوفر غذاء غير كافٍ للمُفترس، مسببةً انخفاض جماعته. وعندما يحدث هذا، فإنَّ جماعة الفريسة ستتعافى.

## يُؤثِّر الافتراس بقوة في جماعة الفريسة

في الطبيعة، للمُفترسات تأثير كبير غالبًا في جماعات الفريسة. وكما أشار المثال السابق على كل حال، فإن التَّفاعل هو مسار في اتجاهين: إذ يُمكن أن تُؤثر الفريسة أيضًا في ديناميكية مُجتمع المُفترس. إن نواتج مثل هذه التَّفاعلات مُعقَّدة، وتعتمد على عوامل عدَّة.

### انفجار جماعة الفريسة وانهيارها

بعض أكثر الأمثلة مأساوية على التَّرابط بين المُفترسات وفرائسها يتضمن مواقف أدخل فيها الإنسان، أو أزال عددًا كبيرًا من المُفترسات من منطقة. على سبيل المثال، إزالة عدد كبير من اللاحمات من أماكن كثيرة في شرق الولايات المتحدة أدى إلى انفجار في أعداد الغزال ذي الذيل الأبيض، الذي عرّى المنطقة من كل الحياة النَّباتية القابلة للأكل التي استطاع الوصول اليها. وبشكل مُماثل، عندما تمَّ




الشكل 56-9

**المفترس والفريسة في العالم المجهري.** عند إضافة المُفترس *Didinium* إلى جماعة براميسيوم، ارتفع عدد *Didinium* في البداية، وتناقص عدد براميسيوم. عند اختفاء جماعة البراميسيوم، مات *Didinium* أيضًا.

**استقصاء**

***اقترح طرقًا عدة تُغيِّر بها هذه التَّجربة، بحيث لا ينقرض البراميسيوم؟***

اصطياد أعداد كبيرة من ثعلب الماء لدرجة الانقراض على السواحل الغربية من الولايات المتحدة، انفجرت أعداد قنفذ البحر؛ الفريسة الأساسية لثعلب الماء.

وعلى العكس، فإنَّ إدخال الجرذان والكلاب والقطط إلى جُزر عدّة حول العالم، أدى إلى القضاء على البيئة الحيوانية المُستوطِنة هناك. فلقد تعرَّضت جماعات من سلاحف جلاباغوس على جزر عدّة للتَّهديد بالانقراض عند إدخال الجرذان والكلاب والقطط التي تأكل البيض والسلاحف الصغيرة. وبشكل مُشابه، فإنَّ أنواعًا عدَّة من الطيور والزَّواحف تمَّ القضاء عليها في نيوزيلندة عن طريق الجرذان المُفترسة، والآن هي موجودة فقط في جزر قليلة بعيدة عن الشاطئ، بحيث لا تصل إليها الجرذان. في جزيرة ستيفن، قرب نيوزيلندة، كلّ طير من طيور الصَّعْو في الجزيرة، الذي انقرض الآن، تمَّ قتله على يد قط وحيد لحارس المنارة.

يتضمن مثال كلاسيكي على الدور الذي يؤديه الافتراس في المجتمع، إدخال نبات الصّبّار الشوكي إلى أستراليا في القرن التاسع عشر. في غياب المُفترسات، انتشر الصبار بشكل كبير، بحيث احتل عام 1925، 12 مليون هكتار من الأراضي مُشكِّلًا حاجزًا من الأشواك لا يُمكن اختراقه، ما جعل رعي الماشية فيه صعبًا. للتَّحكُّم في نموّ الصّبّار، أُدخل مُفترس، يُدعى العثّ *Cactoblastis cactorum*، من موطنه الأصلي الأرجنتين، بداية 1926. وعام 1940، انخفضت أعداد الصّبّار كثيرًا، ويوجد الآن على شكل جماعات صغيرة.

### الافتراس والتَّطور المُشترك

يُشكل الافتراس ضغطًا انتخابيًّا قويًّا على جماعات الفريسة. فأي صفة يُمكن أن تُقلِّل من احتمالية الصيد يجب أن تُحابى بقوة. إنَّ تطور مثل هذه الصفات، بدوره، يجعل الانتخاب الطبيعي يُفضِّل التَّكيُّف المُعاكس في جماعات المُفترسات. تُسمّى العملية التي يتمُّ فيها اختيار هذه التَّكيفات بشكل متداخل في الفريسة والمفترس **التَّطورَ المُشتركَ Coevolution**. يُمكن أن ينشأ سباق تطور مشترك يُطوِّر فيه كلٌّ من المُفترس والفريسة باستمرار دفاعات وطرقًا أفضل للالتفاف على هذه الدِّفاعات. في الأجزاء التي تلي، ستتعلم أكثر عن هذه الدِّفاعات والاستجابات.

## تكيُّفات النبات تُدافع ضد العاشبات

طوّرت النباتات طرقًا عدّة تحميها من العاشبات، أكثرها وضوحًا الدِّفاعات الشكلية: تؤدي أنواع الأشواك المُختلفة دورًا في عدم تشجيع حيوانات الرَّعي؛ وشعيرات النبات، خاصةً التي لها طرف صمغي، لاصق، تُعيق الحشرات آكلة العشب. بعض النباتات، مثل الأعشاب، تُراكم السيليكا في الأوراق، ما يُقوي النباتات ويحميها. إذا وُجِدَتِ السليكا بشكل كافٍ، فإنَّ النبات يُصبح قاسيًا صَعْبَ الأكل.

### الدِّفاعات الكيميائية

الدِّفاعات الكيميائية، مثل الدِّفاعات الشكلية، مُهمة أيضًا، حيث توجد بشكل كبير في النباتات. تمتلك النباتات تكيُّفات كيميائية رائعة تستخدمها لمُقاومة العاشبات. على سبيل المثال، بيَّنت دراسات حديثة أنَّه إذا هاجمت يرقات الفراشات أوراق نبات التَّبغ، فإنَّ هذه النباتات تُطلق مواد كيميائية إلى الهواء تجذب نوعًا من البقِّ يتغذى على يرقات الفراشات (نوقش الموضوع في الفصل الـ40).

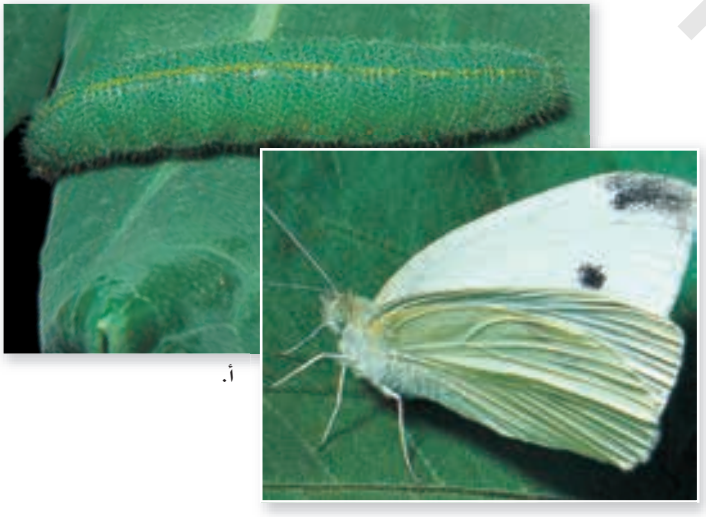
**المركبات الكيميائية الثانوية Secondary chemical compounds** من أشهر الدِّفاعات الكيميائية في النباتات ضد العاشبات وأهمها. تتميَّز هذه المركبات عن المركبات الأولية، التي هي مُكونات تفاعلات كيميائية أيضية أساسية، مثل التَّنفس. فنباتات كثيرة، وعلى ما يبدو أيضًا بعض الطحالب، تحتوي مركبات كيميائية ثانوية مُختلفة ومتنوعة التَّركيب تكون إما سامة لمُعظم العاشبات، أو تُفسد عمليات الأيض عندها بشكل كبير، مثل، إيقاف التطور الطبيعي ليرقات الحشرات. ونتيجة لهذا، فإنَّ مُعظم العاشبات تميل إلى تجنُّب النباتات التي تحتوي مثل هذه المركبات.

العائلة الخردلية (Brassicacea) تنتج مجموعةً من المواد الكيميائية تُعرف باسم زيوت الخردل. هذه الزيوت تُعطي عطرًا ومذاقًا لاذعًا لنباتات تشمل الخردل، والملفوف، والجرجير، والفجل. إن المذاق الذي نستمتع به يدلّ على وجود مُركبات كيميائية سامة لمجموعات كثيرة من الحشرات. وبشكل مُشابه لهذا، فإنَّ نباتات من العائلة الصقلابية (Asclepiadaceae) وعائلة نباتات قاتل الكلب (Apocynaeae) تُفرزان عصيرًا حليبيًّا يمنع العاشبات من أكلها. إضافة إلى هذا، فإنَّ هذه النباتات تحتوي على سكريات قلبية، وهي جزيئات يُمكن لها أن تُسبِّب آثارًا قاسيةً وضارة على وظيفة القلب في الفقريات.

### الاستجابات التَّطورية المُترافقة للعاشبات

ترتبط مجموعات مُعينة من العاشبات مع كل عائلة، أو مع مجموعة من النباتات المحمية بنوع معين من المركبات الثانوية. هذه العاشبات قادرة على التَّغذي على هذه النباتات دون أن تُؤذيها، وكأنّ هذه النباتات هي غذاؤها الوحيد.

على سبيل المثال، تتغذى يرقات فراشات الملفوف (تحت العائلة Pierinae) بشكل خاص على نباتات عائلة الخردل وعائلة الكَبَر، إضافة إلى أعداد قليلة أُخرى من عائلات صغيرة تحتوي على زيوت الخردل (الشكل 56-10). وبشكل مُشابه، فإنَّ يرقات الفراشات الملكية الضخمة (تحت عائلة Danainae) تتغذى على عائلات نبات الصقلاب ونبات قاتل الكلب. كيف تتمكن هذه الحيوانات من تجنُّب الدِّفاعات الكيميائية للنباتات؟ وما الأصول التَّطورية والعواقب البيئية لمثل هذه الأنماط من التَّخصص؟



أ.

ب.

الشكل 56-10

**آكلات الأعشاب من الحشرات مُتكيِّفة جيدًا مع عائلاتها من النباتات.** أ. تتموَّه اليرقات الخضراء لفراشات الملفوف البيضاء، *Pieris rapae*، على أوراق الملفوف وعلى النباتات الأخرى التي تتغذى عليها. وعلى الرَّغم من أنَّ زيوت الخردل تحمي هذه النباتات من مُعظم آكلات الأعشاب، فإنَّ فراشة الملفوف البيضاء لها القدرة على تكسير مُركبات زيت الخردل. ب. فراشة ملفوف بيضاء بالغة.

أ.

ب.

## الشكل 56–11

**طائر الزرياب الأزرق يتعلَّم ألا يأكل الفراشات الملكية.** أ. هذا الزِّرياب الأزرق المُربى في الأقفاص لم يُشاهد الفراشة الملكية قبل أن يُحاول أكلها. ب. الطائر نفسه يتقيَّأ الفراشة بعد دقائق عدة. وهذا الطائر ربما يتجنَّب الإمساك بأي حشرة سوداء – برتقالية في المُستقبل.

يُمكن أن نضع تفسيرًا مُحتملًا لتطور مثل هذه الأنماط المُحدَّدة. عندما أصبح لها القدرة على صنع زيوت الخردل، فإنَّ أصول نباتات الخردل والكبر أصبحت تحت الحماية مدة من الزمن ضد أغلب، أو كلّ العاشبات التي تتغذى على النباتات الأخرى في المنطقة. وعند نقطة مُعينة، فإنَّ بعض مجموعات الحشرات – مثلًا، فراشات الملفوف – تطورت وظهرت لها القدرة على كسر زيوت الخردل، وبهذا تمكَّنت من أكل هذه النباتات دون أن تضر نفسها. وبتطويرها لهذه القدرة، أصبح للفراشات القدرة على استخدام مصادر جديدة دون أن تتنافس مع العاشبات الأخرى. وكما رأينا في (الفصل الـ 22)، فإنَّ التَّعرض لمصادر قليلة الاستعمال يؤدي غالبًا إلى تنوع تطوري وإشعاعات تكيُّفية.

## تكيُّفات الحيوان تحميه من المُفترسات

تحصل بعض الحيوانات التي تتغذى على نباتات غنية بالمركبات الثانوية على فائدة إضافية. فمثلاً، عندما تتغذى يرقات الفراشات الملكية على نباتات من عائلة الصقلاب، فإنَّها لا تحطم السكريات القلبية التي تحمي هذه النباتات من العاشبات، بل تقوم هذه الحشرات بتركيز هذه المركبات وتخزينها في الأجسام الدُّهنية؛ ثم تنقلها عبر مرحلة الخادرة إلى البالغين، وحتى إلى بيوض الجيل المقبل.

إنَّ إدخال السكريات القلبية في المراحل جميعها يحمي دورة حياة هذه الفراشة من المُفترسات. فالطائر الذي يتغذى على هذه الفراشة سُرعان ما يتقيؤها (الشكل 56–11) ويتجنَّب مُستقبلًا الفراشة الملكية البالغة التي تتميَّز بالخطوط البرتقالية والسود. لكن بعض الطيور طوَّرت القدرة على تحمل مثل هذه المركّبات الكيميائية الواقية؛ ويُمكن لهذه الطيور أكل الفراشات الملكية.

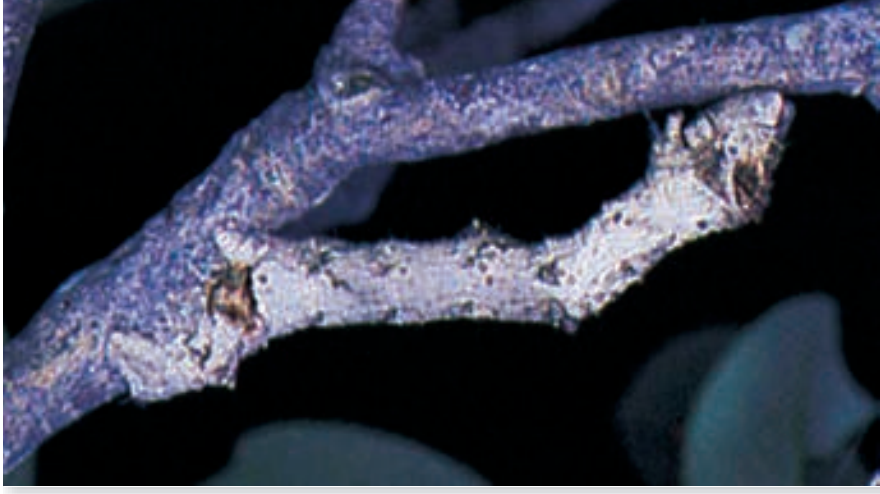
### الدِّفاعات الكيميائية

تصنع الحيوانات، وتستعمل أيضًا شبكة مخيفة من المواد الدِّفاعية. يستخدم النحل، واليعاسيب والقمل المُفترس، والعقارب، والعناكب، ومفصليات أخرى كثيرة موادّ كيميائيةً للدِّفاع عن نفسها ولقتل الفريسة. إضافة إلى هذا، ظهرت طرق دفاع كيميائية عدَّة مُختلفة في اللافقريات البحرية، وعدد كبير من الفقريات، مثل الضفادع الأفاعي، والأسماك، وبعض الطيور.

فضفادع السهم السامة من العائلة Dendrobatidae تستطيع إنتاج مادة سامّة قاعدية في المُخاط الذي يُعطي جلدها الملون الزَّاهي؛ وهذه المواد القاعدية سامة للحيوانات التي تُحاول أكل هذه الضفادع (الشكل 56–12). بعض هذه السموم قوية لدرجة أنَّ بضعة ميكروجرامات منها كافية لقتل شخص إذا حُقنت في مجرى دمه. أكثر من 200 نوع مُختلف من المواد القاعدية عُزلت من هذه الضفادع، بعضها ذو دور مهم في الأبحاث العصبية العضلية. وبشكل مُشابه، فإنَّ هناك أبحاثًا مكثفة تجري على حيوانات بحرية وزواحف سامة، وطحالب، ونباتات زهرية، للوصول إلى أدوية جديدة لمكافحة السّرطان وأمراض أخرى، أو لاستعمالها مضادات حيوية.

## الشكل 56–12

**الدِّفاعات الكيميائية عند الفقريات.** الضفادع من العائلة *Dendrobatidae*، الموجودة في غابات أمريكا الوسطى والجنوبية، سامة جدًا للفقريات؛ لقد تمَّ التَّعرف إلى 80 نوعًا من المواد القاعدية السامة من الأنواع المُختلفة لهذا الجنس. تُعلن هذه الضفادع عن سميتها بألوان زاهية. وبسبب الغريزة أو التَّعلُّم، فإنَّ المُفترسات تتجنب الألوان الزاهية لهذه الأنواع التي من دونها يُمكن أن تكون فريسة سهلة.



الشكل 56-13

**التَّلوين الإخفائي والشكل.** يرقة دودة الإنش (*Nacophora quernaria*) (المُتدلية من الغُصين العلوي) تُشبه إلى حد كبير الغُصين.

### التلوين الدِّفاعي

كثير من الحشرات التي تتغذى على نباتات الصقلاب لها ألوان زاهية؛ تعلن عن طبيعتها السامّة عن طريق طريقة بيئية تُعرف باسم **التلوّن التَّحذيري Warning coloration**.

الألوان الجميلة اللافتة للانتباه ميزة للحيوانات السامة التي تَلدغ لطرد المُفترس، أما المخلوقات التي لا تملك دفاعات كيميائية فنادرًا ما تملك ألوانًا زاهية. وفي الحقيقة، فإن الكثير من هذه الحيوانات لها ألوان تَخَفّ، لون يندمج أو ينسجم مع المُحيط، وبهذا يختفي الحيوان عن المُفترس (الشكل 56-13). إنَّ الحيوانات المُموّهة في العادة لا تُوجد مع بعضها على شكل جماعات؛ لأنَّ المُفترس إذا اكتشف أحدها، فإنَّه يجد المفتاح لإيجاد الآخرين.

## المحاكاة تمكِّن نوعًا مُعينًا من استغلال طرق الدِّفاع لنوع آخر

خلال مسار تطورها، أصبح الكثير من الأنواع يُشابه الأنواع غير المُستساغة التي تملك ألوانًا تحذيرية. فيكتسب المخلوق المُقلِّد إيجابيةً بمُشابهته للنموذج المُقزِّز. هناك نوعان من المحاكاة معروفان: المحاكاة الباتيزي، والتقليد المولاري.

### المحاكاة (التقليد) الباتيسية

سُميت **المحاكاة الباتيسية Batesian mimicry** بهذا نِسبةً إلى عالِم الطبيعية البريطاني هنري بيتس، الذي أبرز هذا النوع من التقليد إلى اهتمام العامّة عام 1857. عندما كان بيتس في رحلته إلى منطقة الأمازون في أمريكا الجنوبية، اكتشف أنَّ الكثير من الحشرات سائغة المذاق تُشبه الحشرات زاهية الألوان، مُقزِّزة المذاق. فسّر بيتس هذا بأنَّ المُقلِّد سوف يتمُّ تجنبه من قِبَلِ المُفترسات، التي تنخدع بالتّقليد لاعتقادها أنَّ المُقلِّد هو من الأنواع البغيضة.

الكثير من الأمثلة المعروفة على المحاكاة الباتيسية يقع ضمن الفراش والعث. يجب أن تستخدم المُفترسات أدلة بصرية لاصطياد فرائسها من هذه الحشرات؛ وإلا، لن يكون لأنماط اللون المُتشابه أي أهمية بالنِّسبة إلى المُفترسات المتوقعة. تُشير أدلة متزايدة على أنَّ المحاكاة الباتيسية تدخل فيها أدلة غير بصرية، مثل الشم، على الرَّغم من أنَّ مثل هذه الأمثلة أقل وضوحًا للإنسان.

أنواع الفراشات التي تقدم نماذج للمحاكاة الباتيسية، وبشكل لا يدعو للدهشة، هي أعضاء في مجموعات تتغذى يرقاتها على واحد، أو على القليل من عائلات النباتات القريبة من بعضها. إن العائلات النباتية التي تتغذى عليها محمية بمواد كيميائية سامة. تقوم هذه الفراشات النموذج بإدخال الجزيئات السامة إلى أجسامها من هذه النباتات. في المقابل، تنتمي الفراشات المُقلِّدة إلى مجموعات تمتلك يرقاتها عادات غذائية ليست محدودة أو محصورة. تتغذى الفراشات كاليرقات، على أعداد مختلفة من العائلات النباتية غير المحمية بالمواد الكيميائية السامة.

أحد المُقلِّدين الذي دُرِسَ بكثرة في أمريكا الشمالية كان فراشات النّمر ذات الذيل الخطافي، التي تنتشر عبر شرق الولايات المتحدة وكندا (الشكل 56-14 أ). في المساحات التي توجد فيها فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي السامة، تكون إناث فراشات النمر ذات الذيل الخطافي مُتعدِّدة الأشكال، ويُشبه أحد ألوانها إلى حد كبير في مظهره فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي.

أ. **المحاكاة الباتيسية:** فراشة الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي (*Battus philenor*) سامة؛ فراشة النمر ذات الذيل الخطافي (*Papilio glaucus*) شبيه تنكر مُستساغ.

ب. **المحاكاة المولرية:** زوجان مُتشابهان؛ كلاهما غير مستساغ.

الشكل 56-14

**المحاكاة.** أ. المحاكاة الباتيسية. فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي، *Battus philenor*، محمية من الطيور ومُفترسات أُخرى بالسموم التي تشتقها من الطعام الذي تأكله اليرقات، وتخزِّنه داخل أجسامها. تظهر فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي البالغة طبيعتها السامة، عن طريق الألوان التَّحذيرية. فراشات النمر ذات الذيل الخطافي، *Papilio glaucus*، تحاكي باتيسيًّا فراشة الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي السامة، ولكن لا يوجد فيها المواد السامة. ب. زوجان من المُقلدات المولرية. *Heliconius erato* و *H. melpomene* فراشات مُتشابهة الموطن، كل هذه الفراشات غير مستساغة. لقد طوَّرت أنماط الألوان نفسها؛ لأنها في المواطن نفسها، وذلك للتَّقليل من عملية افتراسها، تحتاج المُفترسات إلى التَّعلُّم على نمط واحد؛ لكي تتجنَّب باقي الأنماط.

إنَّ يرقات فراشات النمر ذات الذيل الخطافي تتغذى على أشجار مُختلفة، تشمل نبات الخزامى والحور والكرز، ولا تكون اليرقات ولا الفراشات اليافعة ذات طعم غير مستساغ للطيور. ومن المثير للاهتمام أنَّ المحاكاة الباتيسية الموجودة في فراشات النمر ذات الذيل الخطافي اليافعة ليس موجودًا في يرقاتها: فاليرقات تختبئ على الأوراق، بشكل يُشبه فضلات الطيور، في حين تظهر يرقات حشرات الكرمة المُقززة بوضوح شديد.

### المحاكاة المولييرية

نوع آخر من المحاكاة، هو **التقليد المولييري Mullerian mimicry**، نِسبةً إلى الألماني فرتز مُولر، الذي وصفه أولًا عام 1878. في هذا النوع من المحاكاة، الكثير من أنواع الحيوانات غير المُترابطة، ولكنها محمية أصبحت تُشبه بعضها بعضًا (الشكل 56-14 ب). إذا كانت هذه الحيوانات التي يشبه أحدها الآخر جميعها سامة أو خطرة، فإنَّها تكسب إيجابية؛ لأنَّ المفترس سيتعلم بسرعة أكبر تجنُّب هذه الحيوانات. في بعض الحالات، تُطوّر جماعات المُفترسات تجنُّبًا فطريًّا لهذه الأنواع؛ ويُمكن لمثل هذا التَّطور أن يحدث بشكل أسرع إذا كانت الفرائس الخطرة مُشابهة لبعضها.

في كلا النَّوعين من المحاكاة المذكورَين، يجب ألا يشبه المُقلِّد والمُقلَّد بعضهما فقط، ولكن يتصرفان أيضًا مثل بعضهما. فمثلا، أعضاء عائلات مُختلفة من الحشرات التي تُشبه إلى حد كبير الدبابير تتصرف بشكل عجيب مثل الدبابير التي تُقلِّدها، إذ تطير غالبًا من مكان إلى آخر بشكل نشيط.

**يُمكن أن يكون للافتراس تأثير رئيس في جماعات الفريسة. ونتيجة لهذا، تُطوّرُ أنواع الفرائس غالبًا تكيُّفاتٍ دفاعية.**

**الكثير من النباتات تحمي نفسها من مُعظم العاشبات عن طريق المركّبات الثانوية. وحالما تُطور أنواع محددة من العاشبات المقدرة على التَّغذية على أنواع هذه النباتات، فإنها تنجح في الوصول إلى مصدر جديد، وتستغله دون أن تُنافسها عاشبات أُخرى.**

**تُدافع الحيوانات عن نفسها ضد المُفترسات بدفاعات كيميائية، وألوان تحذيرية، وبالخداع.**

**في المحاكاة الباتيسية، النوع غير المحمي يُشبه النوع الآخر الذي يكون غيرَ مستساغ، وكلا النوعين يملكان ألوانًا تحذيرية. في المحاكاة المولييرية، اثنان أو أكثر من الأنواع المحمية غير المُرتبطة يُشبه أحدها الآخر، فتحصل على نوع من أنواع الدِّفاع الجماعي.**

## 4-56 الأنواع المُتعدِّدة لتفاعلات الأنواع

النباتات، والحيوانات، والبدائيات، والفطريات، وبدائيات النوى التي تعيش في مجتمعات معًا تغيّرت، وتكيف كلّ منها مَعَ الآخر خلال ملايين السنين. كنا قد ناقشنا الافتراس والتَّنافس، ولكن هناك أنواعًا أخرى من التفاعلات البيئية تحدث. فعلى سبيل المثال، تطوّر كثير من خصائص النباتات الزهرية بشكل مرتبط مع انتشار جاميتاتها عن طريق الحيوانات (الشكل 56-15). وهذه الحيوانات، طوَّرت في المُقابل، عددًا من الصفات الخاصة مكَّنتها من الحصول على الغذاء أو المصادر الأخرى بشكل فعال من النباتات التي تزورها، وغالبًا من أزهارها. في أثناء حدوث هذا، يلتقط الحيوان حبوب اللقاح، التي يُمكنه أن يضعها على النباتات التي يزورها، أو يترك بذورًا في مكان في البيئة، وأحيانًا على مسافات بعيدة من النبات الأصلي.

### يتطلب التَّكافل تفاعلًا طويل المدى

في **التَّكافل Symbiosis**، يتفاعل نوعان أو أكثر من المخلوقات مع بعضهما بعلاقات مُحكَمة ودائمة تقريبًا. العلاقات التَّكافلية جميعها تحمل إمكانية التَّطور المُشترك بين المخلوقات المُرتبطة، وفي حالاتٍ كثيرةٍ تكون نتائج هذا التَّطور المُشترك تركيبًا مُعقَّدًا ومثيرًا للاهتمام.

من الأمثلة على التَّكافل الأشنات، التي هي علاقة بين الطحالب والفطريات. مثال آخر الفطريات الجذرية، التي هي ارتباط بين فطريات وجذور مُعظم أنواع النباتات. تُسهِّل الفطريات امتصاص النبات لبعض المواد الغذائية، الذي بدوره يُزوِّد الفطر بالكربوهيدرات (ناقشنا موضوع الفطريات الجذرية والأشنات بشكل أوسع في الفصل الـ29). وبشكل مُشابه، فإنَّ عُقد الجذور الموجودة في البقوليات، وفي أنواع أخرى من النباتات تحتوي على بكتيريا تُثبِّت النيتروجين الجوي ليصبح مُتاحًا للنبات المُضيف.

الشكل 56-15

**التَّلقيح عن طريق الخفاش.** كثير من الأزهار نشأت مع أنواع أُخرى لتسهيل نقل حبوب اللقاح. الحشرات معروفة بشكل كبير بوصفها مُلقحات، ولكنها ليست الوحيدة: الطيور، والخفافيش، وحتى بعض الجرابيات والسحالي تعمل بوصفها ملقحات لبعض أنواع النبات. لاحظ حمولة حبوب اللقاح على خرطوم الخفاش.

في المناطق الاستوائية، يوجد النمل قاطع الأوراق بكثرة، لدرجة أنَّه يستطيع إزالة ربع المساحة الكلية السطحية أو أكثر لأوراق النبات في مساحة مُعيَّنة. لا يأكل هذا النمل أوراق النبات مباشرة، بل يأخذها إلى أعشاشه تحت الأرض، حيث يمضغها ويلقحها بأبواغ فطريات مُعينة. هذه الفطريات تربيها جماعة النمل بعناية كبيرة، بحيث تتكاثر باستمرار. من ناحية أخرى، فإنَّ الفطريات تُشكِّل الغذاء الأساسي للنَّمل وليرقاته. إن العلاقة بين هذا النَّمل والفطريات من الأمثلة المُمتازة على التَّكافل. تقترح الدِّراسات الجينية الحديثة باستعمال DNA والساعة الجزيئية (الفصل الـ23) هذه العلاقة التكافلية القديمة، إذ نشأت منذ أكثر من 50 مليون سنة.

تشمل الأنواع الأساسية للتَّكافل: (1) **التَّعايش Commensalism**، يستفيد أحد النوعين، في حين لا يستفيد النوع الآخر، ولا يُصيبه أذى. (2) **التَّقايض Mutualism**، يستفيد كلا النوعين. (3) **التَّطفل Parasitism**، يستفيد أحد النوعين، ويتضرر الآخر. يُمكن اعتبار التَّطفل نوعًا من أنواع الافتراس، على الرغم من أنَّ المخلوق الذي يتمُّ افتراسه هنا لا يموت بالضرورة.

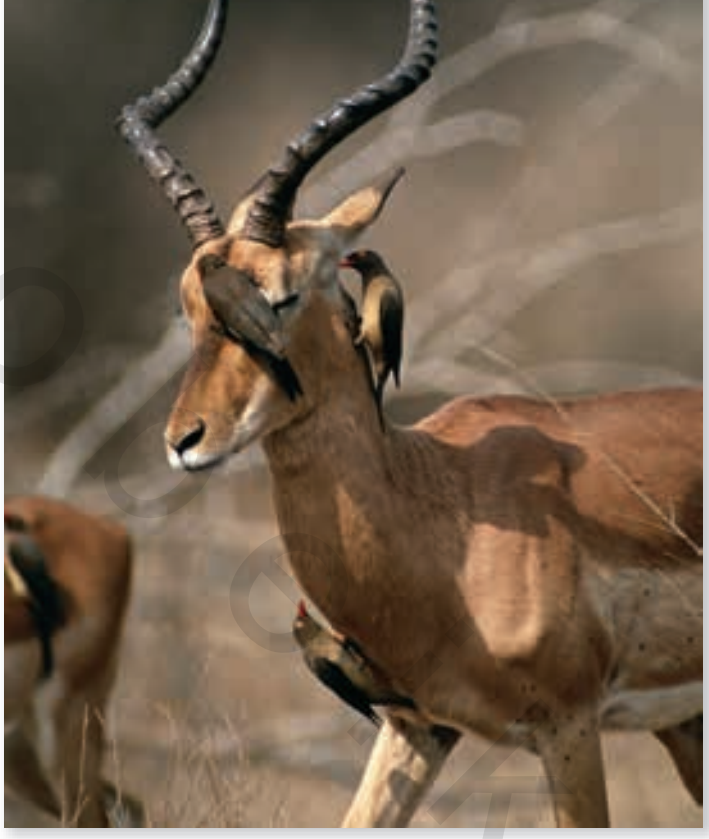
## يُفيد التَّعايش نوعًا واحدًا، وهو متعادل بالنسبة إلى الآخر (لا يضرّه ولا ينفعه)

في التَّعايش، يستفيد نوع واحد، والثاني لا يستفيد، ولا يضار بسبب هذا التفاعل. في الطبيعة، تكون أفراد نوع ما متصلة فيزيائيًّا مع أفراد نوع آخر. فمثلًا، تنمو النباتات المُتسلقة على أغصان نباتات أخرى، والنبات المُضيف لا يتأذى، في حين يستفيد النبات المُتسلق. مثال آخر السرخس الإسباني، في جنوب الولايات المتحدة، الذي يتعلَّق بالأشجار. ينمو هذا السرخس وأفراد أخرى من جنسه، من عائلة الأناناس على الأشجار لتصل إلى ضَوء الشمس؛ وهي لا تؤذي الأشجار (الشكل 56-16).

وبشكل مُشابه، تنمو حيوانات بحرية مُختلفة، مثل البرنقيل، على حيوانات بحرية نشطة الحركة، مثل الحيتان، وبهذا فهي تُحمَل من مكان إلى آخر دون جهد تبذله. وعليه، فإن هذه الحيوانات تحصل على الحماية من الافتراس أكثر مما لو كانت

الشكل 56-16

مثال على التَّعايش. الحزاز الطحلبي الأسباني (*Tilandsia usneoides*) يستفيد من استخدام الأشجار كأساس، ولكن الأشجار بشكل عام لا تتأثر سلبًا ولا إيجابًا.



الشكل 56-17

**التَّعايش**، أم التَّقايض، أم التَّطفل؟ في هذه العلاقة التَّكافلية، طيور نقار الثيران تستفيد بشكل قطعي من تغذيتها على القراد والطفيليات الأخرى التي تلتقطها عن عائلها (وهو في هذه الحالة، الإمبالا، *Aepyceros melampus*). ولكن تأثير هذا في العائل ليس دائمًا واضحًا. إذا كان القراد مُضرًّا، فإنَّ نزعها يُفيد العائل، وتكون العلاقة تكافلية مُفيدة. وإذا التقطت طيور نقار الثيران طفيليات الجرب، مُسبِّبة فقدان الدَّم واحتمالية العدوى، فيُمكن أن تكون العلاقة تطفُّلية. وإذا لم يتأثر العائل بإزالة القُراد ولا بإزالة طفيل الجرب، فإنَّ العلاقة تكون تعايشية.

ثابتة في مكان واحد، ويُمكن لها أن تصل إلى مصادر غذاء أُخرى. إنَّ دوران الماء المُتزايد الذي يتعرض له هذا الحيوان حينما يتحرك مُضيفه له أهمية عظمى، خصوصًا إذا كان المخلوق المحمول من راشحات التغذية. وما لم تزددْ أعداد هؤلاء الركّاب بشكل كبير، فإنَّ هذه الحيوانات لا تُسبِّب أذى للأنواع المُضيفة.

### عندما لا يكون التَّعايش تعايشًا

أفضل الأمثلة على التَّعايش يتضمن العلاقات بين نوع من أنواع الأسماك الاستوائية الصغيرة (تُدعى السمكة المهرجة) وقناديل البحر، والظاهرة في الشكل الأول من هذا الفصل. لقد طوَّرت هذه الأسماك القدرةَ على العبور بين اللوامس اللاسعة لقناديل البحر، التي يُمكن لها أن تشلّ حركة أسماك أخرى إن لامَسَتْها. تتغذّى الأسماك المهرجة على جزيئات الغذاء المُتبقية من وجبة غذاء قناديل البحر المُضيفة، وتبقى الأسماك دون أي إصابات بشكل مدهش.

على اليابسة، توجد علاقة شبيهة بين طيور تُدعى طيور نقار الثيران من جهة وحيوانات عاشبة مثل الظباء من جهة أخرى (الشكل 56-17). تتعلق هذه الطيور مُعظم وقتها على ظهور الحيوانات، فتلتقط الطفيليات والحشرات الأخرى، مؤديةً كامل دورة حياتها بارتباط كبير مع الحيوانات المُضيفة.

لا يوجد حدود قاطعة واضحة بين التَّعايش والتَّقايض؛ في كل من الحالتين، لا نستطيع أن نكون متأكدين فيما إذا كان الشريك الثاني يستفيد أم لا. فمن المُمكن أن تكون إزالة جزيئات الغذاء المتبقية لمصلحة قنديل البحر؛ لأنَّه قد يُصبح أكثر قدرة على الإمساك بالفريسة. وبشكل مُشابه، وعلى الرغم من اعتباره تعايشًا في الغالب، فإنَّ العلاقة بين الثدييات العاشبة والطيور جامعة الفضلات تُعدّ حقيقةً مثالًا على التَّقايض. ففي حين يستفيد الحيوان الثديي بسبب إزالة الطفيليات والحشرات عن ظهره، تستفيد الطيور بحصولها على مصدر طعام يُعتمد عليه.

من ناحية أخرى، يُمكن للتَّعايش أن يُصبح تطفلًا بسهولة. فطيور نقار الثيران معروف عنها أنها لا تلتقط الطفيليات فقط، بل تلتقط طفيليات جَرَبِ الماشية عن ظهور مضيفاتها العاشبة. وعندما تلتقط الطيور طفيليات الجَرَبِ، فإنَّها تشرب الدَّم الذي يسيل من الجرح. ومن حين إلى آخر، فإنَّ التأثير المُتراكم لهذه الهجمات المُتكرِّرة يُمكن أن يضعف الحيوان العاشب بشكل كبير، خصوصًا في الظروف غير المُناسبة مثل الجفاف.

## التَّقايض علاقة تُفيد الطرفين

التَّقايض علاقة تكافلية بين مخلوقين يستفيد منها كلاهما. للتَّقايض أهمية أساسية في تحديد تركيب المجتمعات الحيوية.

### التَّقايض والتَّطور المُتلازم

يحدث بعض أكثر الأمثلة المُدهشة للتقايض في النباتات الزهرية والحيوانات الزائرة لها، مثل الحشرات والطيور والخفافيش. خلال المسار التَّطوري للنباتات الزهرية، ظهرت صفات للأزهار مرتبطة مع صفات في الحيوانات التي تزورها من أجل الغذاء، وفي أثناء هذه العملية، تنتقل حبوب لقاحها من مخلوق إلى آخر. وفي الوقت نفسه، تغيَّرت صفات الحيوانات، بحيث زادت من تخصصها في الحصول على الغذاء، أو أي مادة أخرى من أنواع مُحدَّدة من الأزهار.

مثال آخر من التَّقايض، يتضمن النّمل والمنّ. المنُّ من الحشرات الصغيرة التي تمتص السوائل من لحاء الأشجار الحية عن طريق أجزاء فمها الثاقبة. وتقوم هذه الحشرات باستخلاص مواد مُعينة مثل السكروز والمواد الغذائية من هذا السائل، وتخرج مُعظم هذه المواد على شكل مواد محوّرة من مؤخرتها. بعض أنواع النّمل يستغل ذلك بإيجابية، وذلك بتربية المنّ على الأشجار. يحمل النّمل المنَّ إلى نباتات جديدة، ليُصبح على اتصال مع مصادر جديدة، ويستهلك النّمل "الندى العسلي" الذي يُخرجه المنّ.

### النّمل وشجرة الأكاسيا (البطم): مثال رائع على التَّقايض

أحدُ الأمثلة المدهشة النملُ وشجرةُ الأكاسيا (البطم) في أمريكا اللاتينية. توجد لأوراق هذا النوع من الأشجار زائدة مزدوجة تُدعى الأذينة، تحوَّرت لتُصبح مثل أشواك مزدوجة مجوفة. هذه الأشواك يسكنها نوع من النمل اللاسع من جنس *Pseudomyrmex* الذي لا يعشش في أي مكان آخر سواها (الشكل 56-18). ومثلها كمثل الأشواك الموجودة في النباتات جميعها، فإنَّها تعمل على إعاقة العاشبات.

على قمة وريقات أشجار البطم، هناك أجسام غنية بالبروتين تُدعى الأجسام البلتية Beltian bodies، التي سُمِّيت باسم العالِم البريطاني Thomas Belt الذي اكتشفها في القرن التاسع عشر. هذه البروتينات لا تُوجد إلا في أشجار البطم التي يسكنها النّمل، أما التي لا يسكنها النّمل فلا يوجد فيها مثل هذه البروتينات. وظيفة هذه البروتينات واضحة؛ إنها تُوفر الغذاء الأساسي للنمل. إضافة إلى ذلك، فإن النمل يتغذى أيضًا على رحيق من غدد قرب قواعد أوراق شجرة البطم.

**الشكل 56-18**

**التَّقايض**: النَّمل وشجر البطم. نمل من جنس *Pseudomyrmex* يعيش داخل أشواك مجوفة لأشجار نوع من شجر الأكاسيا (البطم) في أمريكا اللاتينية. الرَّحيق الذي يُفرز من قواعد الأوراق والأجسام البلتية عند نهايات الأوراق الصغيرة يوفر الغذاء للنمل. والنمل، بدوره، يُزوِّد الشجر بالمواد الغذائية التي تحمي شجرة البطم من آكلات العشب، وتمنع تظليلها من قبل نباتات أُخرى.

يستهلك النمل هذا الرحيق، ويغذي به اليرقات، إضافة إلى الأجسام البلتية. من الواضح، أنَّ العلاقة بين النمل وشجر البطم مفيدة جدًا للنمل ويرقاته؛ لأنها تحتمي بأشواك أوراقها، وتتغذى على البروتين في الأجسام البلتية، وتشرب الرحيق الغني بالسكر. ولكن، ما فائدة النمل لهذه الأشجار؟

عندما يحطّ أيّ عاشب على أغصان أشجار البطم وأوراقها، فإن النمل الذي يسكنها، سرعان ما يُهاجم، ويقضي على هذا العاشب. إنَّ النمل الذي يعيش على أشجار البطم يُساعد مُضيفه على التَّنافس مع الأشجار الأُخرى بأن يقوم بقطع أغصان الأشجار الأخرى التي تلامس شجرة البطم التي يسكنها. وبهذا، فإنَّ النَّمل يصنع ممرًّا للضَّوء يسمح لنبات البطم بالنمو، حتى في الغابات المطرية الاستوائية في الأراضي المُنخفضة من أمريكا الوسطى. وفي الحقيقة، عندما أُزيلت مستعمرات النّمل من أشجار البطم بشكل تجريبي، لم تستطع أشجار البطم المنافسة بنجاح في تلك المناطق. أخيرًا، يجلب النّمل مواد عضوية إلى مسكنه. والأجزاء التي لا يأكلها، من المواد العضوية إضافة الى فضلاته، تُشكِّل مصدرًا مُهمًّا للنيتروجين لأشجار البطم.

### عندما لا يُكوّن التقايض تقايضًا

كما هو حال التَّعايش، الأشياء ليست دائمًا كما تبدو عليه. العلاقات بين النمل وشجرة البطم تحدث أيضًا في إفريقيا؛ ففي كينيا، توجد أنواع عدة من نمل البطم، ولكن نوعًا واحدًا فقط يعيش على شجرة واحدة. فالنوع من النمل الذي يُدعى *Grematogaster nigriceps* هو أقل تنافسًا من نوعين آخرين. لمنع هذين النوعين من النمل من الغزو، يقوم النوع *G. nigriceps* بتقليم شجرة البطم، ويمنعها من الاتصال مع الأشجار الأخرى التي قد تشكل جسرًا للغزاة من أنواع النمل الأخرى.

وعلى الرَّغم من أنَّ هذا السلوك مُفيد للنمل، إلا أنَّه مؤذٍ للشجرة؛ لأنَّه يتلف النَّسيج الذي تُصنع منه الأزهار، ما يجعل الشجرة عقيمة. وفي هذه الحالة، فإن ما بدا وكأنَّه علاقة تقايض أصبح بدلًا من ذلك علاقة تَطَفُّل.

## يُفيد التَّطفّل أحد الأنواع على حساب الآخر

يُمكن أن نَعُدَّ التَّطفل شكلًا خاصًّا من التَّكافل، يكون فيه الطفيل أصغر بكثير من الفريسة، ويبقى مُرتبطًا ارتباطًا وثيقًا بها. التَّطفل ضار للمخلوق المُتطفَل عليه ومُفيد للطُّفيل. في كثير من الحالات، يقتل الطُّفيل مُضيفَه، وبالنتيجة، فإنَّ التأثيرات البيئية للتَّطفل قد تكون مُشابهة لتلك الناتجة عن الافتراس. جرت العادة في الماضي على دراسة التَّطفل من حيث تأثيره في الأفراد والجماعات التي تعيش ضمنها، ولكن الباحثين أدركوا في السنوات الأخيرة أنَّ التَّطفل قد يكون عاملاً مهمًّا يؤثر في تركيب المُجتمعات.

### الطُّفيليات الخارجية

تُسمّى الطُّفيليات التي تعيش، وتتغذى على السطح الخارجي للمخلوق الحي **الطفيليات الخارجية Ectoparasites** (الشكل 56-19). هناك أمثلة عدَّة على الطفيليات الخارجية معروفة في النباتات والحيوانات. في حين تدعى الحشرات التي تضع بيوضها على المضيف الحي **شبيهة الطفيليات Parasitoids**. هذا السلوك شائع في الدَّبابير، حيث تتغذى يرقاتها على جسم المضيف سيئ الحظ، وقد تقتله في الأغلب.

### الطُّفيليات الدَّاخلية

الطُّفيليات التي تعيش داخل جسم العائل (المُضيف) تُسمّى **الطفيليات الداخلية Endoparasites**، ويحدث هذا في طوائف عدة من الحيوانات والطلائعيات. يتميَّز التَّطفل الدَّاخلي عن التَّطفل الخارجي بشدَّة تخصصه، ويظهر في طفيليات عدة من الطلائعيات واللافقريات التي تُصيب الإنسان.

الشكل 56-19

**طفيل خارجي.** السيقان المُمتدة المعروشة الصفراء هي لنبات الهالوك (*Cuscuta*)، طفيل فقد الكلوروفيل الخاص به والأوراق خلال مسار تطوره. ولأنَّه مخلوق عضوي التَّغذية (لا يستطيع تصنيع غذائه)، فإنَّ الهالوك يحصل على غذائه من النباتات المُضيفة التي ينمو عليها.

الشكل 56-20

**التَّحكم الطفيلي في سلوك العائل.** يتسلق النمل أعلى أوراق الأعشاب بسبب وجود طفيليات في دماغه، حيث يُؤكل من قبل آكل أعشاب يرعى، وبهذا ينتقل الطفيل من الحشرة إلى حيوان ثديي.

كلما كانت حياة الطفيل مُرتبطة أكثر بحياة العائل زاد تغير شكله وسلوكه خلال مسار تطوره (وهذا ينطبق على الرَّوابط التكافلية جميعها وبأنواعها كافة). إن الظروف داخل جسم المخلوق الحي مُختلفة عما هي خارج الجسم، وهي تميل إلى أن تكون أكثر ثباتًا. ومن ثم، فإنَّ تركيب الطفيليات الدَّاخلية غالبًا ما يكون بسيطًا، وتفقد الدُّروع والتَّراكيب غير الضرورية خلال التَّطور (على سبيل المثال، انظر صفات الدِّيدان المُفلطحة في الفصل الـ33).

### سلوك الطُّفيل والعائل

طفيليات عدَّة لها دورات حياة مُعقَّدة تحتاج إلى عوائل عدة للنُّمو إلى البلوغ والتَّكاثر. وقد بيَّنت الدِّراسات الحديثة التكيفات اللافتة للانتباه لطفيليات مُعينة أثّرت وغيّرت سلوك العائل من أجل تسهيل انتقالها من عائل إلى آخر. فمثلاً، الكثير من الطفيليات تجعل عائلها يتصرف بطرق تجعلها أكثر عرضةً للهجوم من قبل المُفترسات؛ فعندما يُؤكل العائل، فإنَّ الطُّفيل يتمكَّن من إصابة المُفترس.

أحد أشهر الأمثلة يتضمن الديدان المسطحة الطفيلية، *Dicrocelium dendriticum*، التي تعيش في النمل بوصفها عائلاً وسيطًا، ولكن تصل إلى مرحلة البلوغ في أحد العاشبات الكبيرة الثديية مثل الماشية والغزلان. الانتقال من النمل إلى الأبقار يبدو صعبًا؛ لأنَّ البقر لا يأكل الحشرات. هذه الديدان، من ناحية أخرى، طوَّرت تكيُّفات لافتة للانتباه. فعندما يُصاب النمل بالديدان، فإن إحدى هذه الديدان يهاجر إلى الدِّماغ، ويجعل النمل يتسلق إلى أعالي النباتات، ويطبق فكيه على أوراق الأعشاب عند نهاية اليوم، أي في الوقت المناسب لرعي العاشبات (الشكل 56-20). والنتيجة أنَّ الماشية تأكل النمل مع العشب، ما يُؤدي إلى إصابة الحيوان العاشب.

## العمليات البيئية لها تأثيرات تفاعلية

لقد رأينا الطُّرق المُختلفة التي تتفاعل بها الأنواع مع بعضها. وفي الطبيعة، من ناحية ثانية، غالبًا ما يحدث أكثر من نوع من التَّفاعلات في الوقت نفسه. وفي كثير من الحالات، يتغير ناتج نوع من التفاعل أو ينعكس، عندما يحدث نوع آخر من التَّفاعلات في الوقت نفسه.

### الافتراس يُقلِّل التَّنافس

عندما تكون المصادر محدودة يستطيع المُنافس الأقوى التَّخلص من الأنواع الأخرى في المجتمع خلال التَّنافس الإقصائي. من ناحية أخرى، فإنَّ المفترسات يُمكن أن تمنع أو تقلل كثيرًا من الإقصاء بتخفيض عدد أفراد الأنواع المنافسة.

إذا كان مفترس معين يتغذى غالبًا على نوعين، أو ثلاثة أنواع، أو أكثر من النباتات أو الحيوانات في مجتمع مُعين، فإنَّ اختيار المُفترس يعتمد بشكل جزئي على نسبة توافر الفريسة. بكلمات أخرى، يمكن أن يتغذى المُفترس على النوع أ عندما يكون مُتوافرًا أكثر، ثُمَّ ينتقل إلى النوع ب عندما يكون الخيار أ نادرًا. بشكل مُشابه، فإنَّ نوع الفريسة يُمكن أن يُصبح مصدرًا أساسيًّا للغذاء لعدد مُتزايد من الأنواع عندما يُصبح متوافرًا أكثر. بهذه الطريقة، يُمكن أن يُمنع المُنافس الأقوى الإقصاء التَّنافسي للأنواع الأخرى.

غالبًا ما تُميِّز مثل هذه الأنماط المجتمعات البحرية. على سبيل المثال، في الافتراس الاختياري للحيوان ذي الصدفتين، فإنَّ نجوم البحر بتغذيتها انتقائيًّا على ذي الصدفتين، فإنها تمنعه من احتكار الموطن، ما يُفسح مكانًا للكثير من الحيوانات الأخرى (الشكل 56-21). عند إزالة نجوم البحر من الموطن، فإنَّ تنوع الأنواع يهبط بشدة، ومن ثم فإنَّ مجتمع قَعْرِ البحر تسود فيه أنواع قليلة من ذوات المصراعين.

يتَّجه الافتراس نحو تقليل التَّناسل في المجتمع الطبيعي، لذلك من الخطأ إزالة المُفترسات مثل الذئاب وأسود الجبال من المجتمع، إذ يمكن أن تكون النتيجة تقليل التَّنوع الحيوي.

### التَّطفل يُمكن أن يُعاكس التَّنافس

يُمكن أن تُؤثر الطفيليات في الأنواع متحدة الموطن بشكل مُختلف، ولهذا فهي تُؤثِّر في ناتج التَّفاعلات بين النوعية. إحدى التَّجارب الكلاسيكية تبحث في تفاعلات بين نوعين مُتماثلين من خنفساء الطحين، *Tribolium castaneum* و*T. confusum*، بوجود الطُّفيل *Adelina* أو غيابه. بغياب الطُّفيل، كان نوع *T. castaneum* سائدًا، في حين انقرض نوع *T. confusum* بشكل طبيعي. بوجود الطُّفيل، انعكست النتيجة، فقد انقرض النوع *T. castaneum*.

لوحظت تأثيرات مُشابهة للطفيليات في الأنظمة الطبيعية في كثير من الأنواع. على سبيل المثال، في سحلية الأنوليس *Anolis* في سانت مارتن، التي ذُكرت سابقًا، السحلية الأضعف تنافسيًّا كانت مقاومة لملاريا الزواحف (شكل من المرض ذو علاقة بملاريا الإنسان) أما الأنواع الأخرى فكانت شديدة الحساسية للملاريا. النتيجة أنه في المناطق التي يوجد فيها طفيل الملاريا فقط كان النوعان موجودين معًا.

### التأثيرات غير المُباشرة

في بعض الحالات، قد لا تتفاعل الأنواع معًا بشكل مُباشر، مع ذلك، فإنَّ وجود نوع يُؤثر في نوع آخر من خلال تفاعله مع نوع ثالث. هذه التَّأثيرات تسمى **التأثيرات غير المباشرة Indirect effects**.

قوارض الصحراء التي ذُكرت سابقًا في تجربة جرذان الكنغر تأكل الحبوب، وكذلك يفعل النمل في المجتمع؛ وهكذا، فمن الممكن أن نتوقع أن يتنافسا مع بعضهما. ولكن عندما أُزيلت القوارض جميعها تمامًا من المحميات التَّجريبية، ولم يُسمح لها بالعودة (على عكس التَّجربة السابقة، لم تعمل ثقوب في جدران المحميات)، فإنَّ عدد جماعات النمل في البداية قد زاد، إلا أن عددها قد انخفض بعد ذلك (الشكل 56-22).

في البداية، كان ازدياد عدد النمل متوقعًا نتيجة لإزالة المُنافس. ولكن لماذا تناقص عدد النمل بعد ذلك؟ يُظهر الجواب التَّعقيدات في النظام البيئي. تُفضِّل القوارض الحبوب الكبيرة، في حين يفضل النمل الحبوب الصغيرة. إضافة إلى ذلك، إنَّ النباتات ذات البذور الكبيرة هنا كانت سائدة تنافسيًّا على النباتات ذات البذور الصغيرة. لذلك، فإنَّ إزالة القوارض أدى إلى زيادة عدد النباتات ذات البذور الكبيرة، التي بدورها تُقلِّل عدد النباتات ذات البذور الصغيرة المتاحة للنمل. وباختصار، إن تأثير القوارض على النَّمل مُعقَّد: تأثير سلبي ومُباشر بسبب التنافس على المصادر، وتأثير غير مباشر وإيجابي عن طريق التَّنافس بين النباتات.

أ.

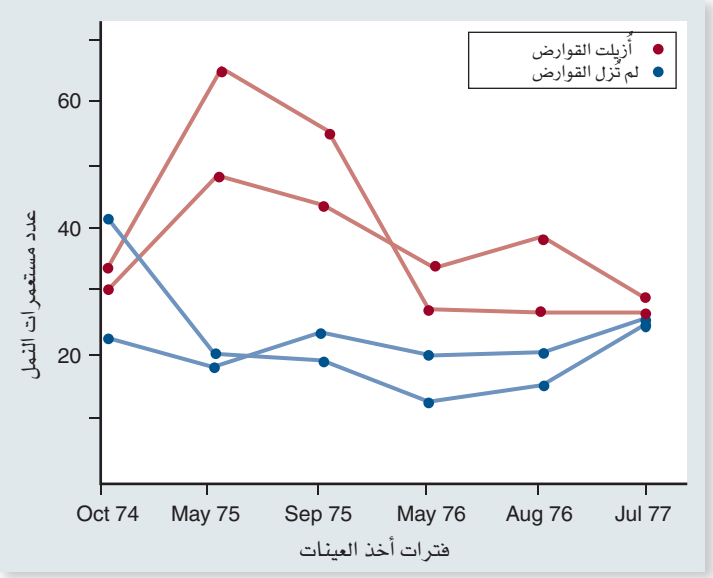
ب.

**الشكل 56-21**

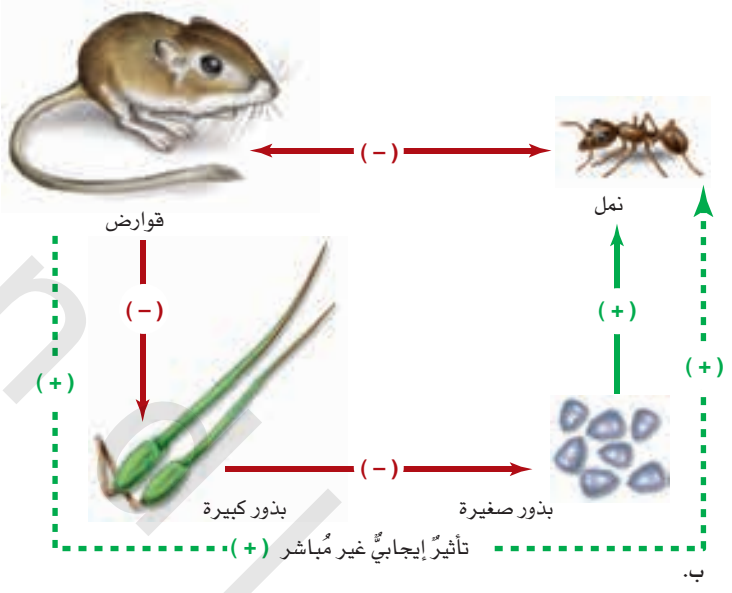
**الافتراس يُقلِّل من التَّنافس.**

أ. في تجربة منضبطة على نظام بيئي ساحلي، قام العالِمُ روبرت بين من جامعة واشنطن بإزالة مُفترس رئيس، نجم البحر (*Pisaster*).

ب. كرد فعل لذلك، أخذت فصيلة من بلح البحر، نوع من الرَّخويات ذات المصراعين، في النُّمو بشدة وفعالية لدرجة أنَّها زاحمت بقوة سبعة من الأنواع المُستوطنة الأُخرى.




أ.




ب.

## الشكل 56–22

**التَّأثيرات المُباشرة وغير المُباشرة في مجتمع بيئي.** أ. في المحمية التي أُزيل منها جرذان الكنغر، ازداد عدد النَّمل بداية مقارنة بالمحميات الضابطة، ولكن بعد ذلك انخفض عدد جماعات النمل. ب. النمل والقوارض كلاهما يأكل البذور، ولذلك فإنَّ وجود القوارض له تأثير سلبي مُباشر في النَّمل، والعكس صحيح. على كل حال، وجود القوارض له تأثير سلبي في البذور الكبيرة. وإن عدد النباتات صاحبة البذور الكبيرة بدورها لها تأثير سلبي في النباتات التي تُنتج بذورًا صغيرة. وعلى هذا، وجود القوارض يجب أن يزيد من عدد البذور الصغيرة. وإنَّ عدد البذور الصغيرة بدوره له تأثير إيجابي في جماعات النمل. ولذلك، فإنَّ وجود القوارض له تأثير إيجابي غير مُباشر في حجم جماعات النمل.

### استقصاء

***لماذا يزداد عدد جماعات النمل، ثم يتناقص عند غياب القوارض؟***

## الأنواع الرئيسة لها تأثيرات أساسية في المُجتمعات

تُسمّى الأنواع التي يكون تأثيرها في تركيب المجتمعات أكبر مما نتوقع بناءً على وفرتها **الأنواع الأساسية Keystone species**. المُفترسات، مثل نجم البحر الذي ذُكر سابقًا، يُمكن أن يكون على الأغلب نوعًا أساسيًّا حيث إنه يمنع أحد الأنواع من أن يتفوق تنافسيًّا على الأنواع الأخرى، ويُحافظ بذلك على مستويات عالية من غنى الأنواع في المُجتمع.

هناك تنوع واسع لأنواع أخرى من الأنواع الأساسية موجود أيضًا. بعض الأنواع الأساسية تُغيِّر في البيئة بطرق تصنع مواطن جديدة للمخلوقات الأخرى. فالقنادس، على سبيل المثال، تُحوِّل مجرى الشلالات إلى تجمعات مائية صغيرة، عن طريق تغيير مجرى المياه ومناطق الفيضانات (الشكل 56-23). وبشكل مُشابه، تحفر التَّماسيح ثقوبًا عميقة في قيعان البحيرات. في أوقات الجفاف، تصبح هذه الثقوب المناطق الوحيدة التي تحتوي على الماء، ما يسمح للأنواع المائية بالبقاء (التي كان من المُمكن أن تنقرض) حتى ينتهي الجفاف وتمتلئ البحيرة من جديد.

**في التَّكافل، يتفاعل نوعان أو أكثر بشكل كبير، بحيث يستفيد أحدهما على الأقل.**

**التَّعايش نوع من التَّكافل؛ حيث يستفيد أحد النَّوعين، ولا يتأثر الآخر إيجابيًّا أو سلبيًّا.**

**يتطلب التَّقايض تفاعلات بين الأنواع التي تتبادل المنفعة.**

**التَّطفل شكل من التَّكافل مُفيد للطُّفيل، ولكنه ضار بالعائل.**

**الكثير من العمليات المُختلفة تميل إلى الحدوث في الوقت نفسه داخل المُجتمعات. ويُمكننا فهم كيفية عمل المُجتمعات فقط عن طريق فهم كيفية تداخل هذه العمليات.**

## الشكل 56–23

**مثال على نوع أساسي.** تقوم القنادس عن طريق تكوين سدود بتحويل الجداول الجارية إلى برك راكدة، صانعة بيئة جديدة لكثير من النباتات والحيوانات.

Oselkan.com

# 5-56 التَّعاقب البيئي والاضطراب وغنى الأنواع

حتى لو بقي المُناخ ثابتًا في مساحة معينة عامًا بعد عام، فإن المُجتمعات تميل للتغيّر من البسيط إلى المُعقَّد في عملية تُعرف **بالتَّعاقب البيئي Succession**. هذه العملية معروفة لأي شخص شاهد قطع الأرض الفارغة، أو التي أزيلت منها الأشجار، حيث تصبح مستعمرة عن طريق ازدياد عدد الأنواع فيها.

## ينتج التَّعاقب البيئي تغيّرًا في تركيب الأنواع

إذا حُرقت وأُزيلت منطقة شجرية، وتُركت دون تدخّل، فإنَّ النباتات تعود مرة أخرى إلى المنطقة ببطء. في النِّهاية، تختفي آثار الإزالة والقطع، وتعود المنطقة شجرية مرة أخرى. هذا النوع من التَّعاقب الذي يحدث في المناطق، حيث تعرَّض المُجتمع الموجود فيها للاضطراب، ولكن المخلوقات ما زالت موجودة فيه يُدعى **التَّعاقب الثانوي Secondary succession**.

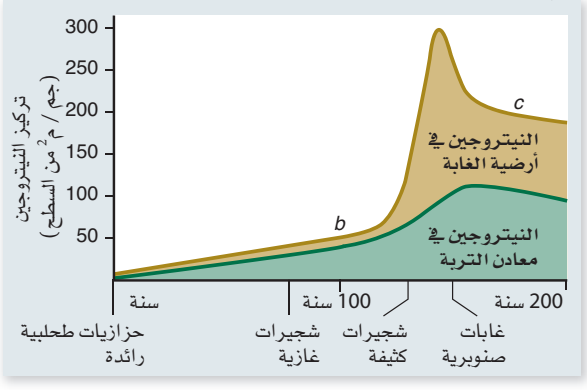
وعلى العكس، فإنَّ **التَّعاقب الأولي Primary succession** يحدث في المناطق العارية والخالية من الحياة، مثل الصخور، أو في المياه المفتوحة، حيث تتمكَّن المخلوقات تدريجيًّا من التَّحرُّك نحو منطقة، وتُغيِّر طبيعتها. يحدث التَّعاقب الأولي في البحيرات التي جفَّت، والأراضي التي تكشفت بعد تراجع الجليد، وفي الجزر البركانية التي تبرز فوق البحر (الشكل 56-24).

يُعطي التَّعاقب الأولي على الأتربة والحجارة الجليدية مثالًا على ذلك (انظر الشكل 56-24). تكون درجة حموضة التربة في الأراضي العارية الخالية من المعادن، التي انكشفت بعد تراجع الجليد قاعدية؛ نتيجة لوجود الكربونات في الصخور، ويكون مستوى النيتروجين قليلاً. أول المخلوقات الخضراء التي تنمو في هذه الظروف هي الأشنات. وتُساعد الإفرازات الحمضية الناتجة عنها على تكسير المواد، وتُقلِّل درجة الحموضة pH، وتزيد من تراكم التربة. بعد ذلك، تستعمر الحزازيات الطحلبية هذه التَّراكمات من التربة. وأخيرًا، تتكون كميات كافية من المواد الغذائية في التربة تُمكِّن الشجيرات الصغيرة من النمو. عبر مئات السنين، تقوم الشجيرات التي لها علاقة تكافلية مع البكتيريا، والتي تثبت النيتروجين الجوي (نوقش في الفصل الـ 26)، بزيادة مستوى النيتروجين في التربة، وتقليل درجة الحموضة. تتمكَّن الأشجار الصنوبرية من الظهور عند هذه النقطة. وفي النهاية تُزاحم هذه الأشجار الصنوبرية الشجيرات، وتُشكِّل غابات صنوبرية كثيفة.

في مثال مُشابه، بحيرة قليلة المواد الغذائية *Oligotrophic lake* يُمكن تدريجيًّا، عن طريق المواد العضوية، أن تُصبح بحيرة غنية بالمواد الغذائية *Eutrophic lake*. عندما يحدث هذا، فإنَّ تركيب المُجتمعات يتغير، في البداية يزداد غنى الأنواع، ثُمَّ ينخفض.

### لماذا يحدث التَّعاقب؟

يحدث التَّعاقب لأنَّ الأنواع تُغيِّر الموطن والمصادر المُتوافرة فيها بطرق تصلح لأنواع أُخرى. هناك ثلاثة مفاهيم ديناميكية مُهمة جدًا في هذه العملية، هي: التَّحمل، والتَّسهيل، والتَّثبيط.




أ.

### الشكل 56-24

**التَّعاقب البيئي الأولي في خليج ألاسكا المُتجمد.** أ. في البداية، تكون الأتربة الجليدية في خليج ألاسكا المُتجمد قليلة النيتروجين. ب. أوائل الغزاة لهذه المناطق المكشوفة هم من الرواد مثل أنواع من الحزاز الطحلبي ومعها بعض الميكروبات المُثبتة للنتروجين، المُرتبطة بعلاقات تقايضية. جـ. بعد 20 عامًا، ظهرت الشجيرات الصغيرة. تقوم هذه الشجيرات بتثبيت النيتروجين. د. كلما زادت نسب النيتروجين في التربة، فإنَّ الأشجار الصنوبرية تُزاحم الشجيرات مُكوِّنة غابة.

ب.

جـ.

د.

1. **التَّحمل Tolerance**. تتميز مراحل التَّعاقب المُبكرة بأنواع عشبية، أنواع مُنتخبة تكاثريًّا r-selected species تتحمل الظروف القاسية غير الحيوية في المناطق القاحلة (ناقش الفصل السابق الأنواع المنتخبة تكاثريًّا والمنتخبة بقدرة التحمل).
2. **التَّسهيل Facilitation**. إنَّ المراحل التَّعاقبية العشبية المُبكرة تُدخل تغيرات محلية في الموطن تُناسب مخلوقات أُخرى، أنواع أقل عشبية. وبهذا فإنَّ الحزازيات الطحلبية في تعاقب منطقة خليج الجبال الجليدية تُحوِّل النيتروجين إلى شكل يسمح لشجيرات مثل جار الماء بالدُّخول (شاهد الشكل 56-24). تُقلِّل الشجيرات بدورها حموضة التربة عندما تتحلَّل أوراقها الساقطة، ما يسمح لأشجار البيسية والشوكران بالنُّمو.
3. **التَّثبيط (المنع) Inhibition**. في بعض الأحيان بينما تناسب التَّغيرات في الموطن التي يُسبِّبها مخلوق معين أنواعًا أخرى، فإنَّها في الوقت نفسه تمنع نمو النوع المُسبِّب لها. فشجيرات جار الماء، على سبيل المثال، لا تستطيع النمو في الوسط الحمضي بشكل جيد، كما تنمو أشجار الصنوبر التي تحلّ محلها.

خلال مسار التَّعاقب، تزداد أعداد الأنواع كلما زاد تحسُّن البيئة. وعلى الرَّغم من هذا، ففي بعض الأحيان، وعندما تنضج الأنظمة البيئية، يحلّ مزيد من الأنواع المنتخبة بقدرة التحمل محل الأنواع المنتخبة تكاثريًّا، وتقوم المُنافسات القوية بطرد الأنواع الأُخرى، ما يؤدي إلى انخفاض في غنى الأنواع.

### التَّعاقب في المجتمعات الحيوانية

إنَّ الأنواع الحيوانية الموجودة في مجتمع ما تبدأ بالتَّغير مع الوقت بنمط تعاقبي. حالما تتغير النباتات خلال التَّعاقب، تختفي مواطن لأنواع مُعينة، وتظهر لأنواع أخرى.

مثال لافت للنَّظر ومحدد وقع على جزر كراكاتاو Krakatau التي دمرها انفجار بركاني هائل عام 1838. في البداية، كانت الجزر قاحلة ومملوءة بالرَّماد، ثم بدأت عملية تعاقب سريعة، وبدأ ظهور الغطاء الأخضر. وبعد سنة من البركان، ظهرت بعض الأعشاب، وبعد 15 عامًا ظهرت النباتات الساحلية، وغطت الأجزاء الأمامية بأراض عشبية كثيفة. وعام 1930، أصبحت الجزر مُغطاة كلها بالغابات (الشكل 56-25).

تغيُّر الغطاء الحيواني لهذه الجزر تزامن مع التغير في الغطاء النباتي. فبعد تسعة أشهر من الانفجار البركاني، كان الحيوان الوحيد الموجود هو عنكبوت واحد، ولكن عام 1908، كان هناك 200 نوع من الحيوانات في هذه الجزر في مسح مدته 3 أيام فقط. في بداية الأمر، كانت الحيوانات الأولى الموجودة هي الحيوانات العشبية، وبعد ظهور الغابات، اختفت الحيوانات العشبية مثل حمامة الحمار الوحشي والصُرَّد (نوع من الطيور المُفترسة)، وحلّ محلها الحيوانات مستوطنة الغابات، مثل الخفاش آكل الفواكه، والطيور آكلة الفواكه كذلك.

وعلى الرَّغم من أنَّ أنماط التَّعاقب لأنواع الحيوانات حدثت بسبب تعاقب الأنواع النباتية، فإنَّ التَّغيُّر في تركيب المجتمع الحيواني يُؤثر بدوره في وجود النباتات. بالتَّحديد، لم تتمكن أنواع النباتات التي تُلقِّحها أو تنشر حبوب لقاحها حيوانات من استعمار هذه الجزر حتى تمكَّنت الحيوانات التي تُلقحها، أو تنشر حبوب لقاحها من الوجود. على سبيل المثال، الخفافيش آكلة الفاكهة، كانت بطيئة في استيطان هذه الجزر، وإلى أن ظهرت، كان القليل من أنواع النباتات التي يُلقحها الخفاش موجودًا.

أ.

ب.

الشكل 56-25

**التَّعاقب البيئي بعد البركان**. دمر الانفجار البركاني الرئيس على جزيرة كراكاتاو عام 1883 أشكال الحياة جميعها على الجزيرة. أ. هذه الصورة تُظهر انفجارًا أحدث وأقل تدميرًا، للبركان. ب. جزيرة كراكاتاو مغطاة بالغابات ومسكونة بالحيوانات.

## يُمكن أن تقوم الاضطرابات بدور مهم في تركيب المُجتمعات

بشكل تقليدي، يرى كثير من علماء البيئة المجتمعات الحيوية في حالة الاتزان، وهي حالة استقرار قاومت التَّغيرات، وعادت إلى طبيعتها بسرعة إذا قام الإنسان أو الطبيعة بإحداث اضطراب فيها. مثل هذا الاستقرار يُعزى بشكل غير عادي إلى عملية التَّنافس بين النوعي.

منذ سنوات قريبة، أُعيدت مراجعة وجهة النَّظر هذه، وبدأ العلماء بشكل مُتزايد يلاحظون أنَّ المُجتمعات تتغيَّر بشكل مستمر بسبب التَّغيرات المُناخية، وغزو الأنواع والاضطرابات. ولهذا السبب، بدأ كثير من علماء البيئة يستشهدون بنماذج عدم الاتزان التي تُظهر التَّغير، بدلًا من الاستقرار. وقد تركزت بؤرة الاهتمام في الأبحاث البيئية التي تُظهر أهمية دور الاضطرابات في تحديد تركيب المُجتمعات.

يُمكن أن تكون الاضطرابات واسعة أو محلية. فالاضطرابات، مثل حرائق الغابات، والجفاف، والفيضانات، يُمكن أن يكون لها تأثير في مناطق واسعة. وقد يكون للحيوانات أثر تخريبي كبير. فلحشرة عثّ الغجر القدرة على تدمير غابة كاملة عن طريق أكل أوراق أشجارها كلها. ويُمكن لجماعات الغزلان غير المنظمة التي تنمو بشكل انفجاري أن تُدمِّر الغابة التي تعيش فيها عند الرَّعي الجائر. من ناحية أخرى، تُؤثر الاضطرابات المحلية في منطقة صغيرة، مثل سقوط شجرة في غابة أو قيام حيوان بحفر حفرة عند جذور النباتات.

### فرضية الاضطراب المُتوسط

في بعض الأحيان، يُمكن أن تقوم الاضطرابات بدور في زيادة غنى الأنواع في منطقة ما. وبحسب **فرضية الاضطراب المتوسط Intermediate disturbance hypothesis**، فإنَّ المُجتمعات التي تتعرَّض إلى كمية متوسطة من الاضطراب سوف تحصل على مستويات من غنى الأنواع أكبر من المُجتمعات التي فيها اضطراب قليل أو كثير.

يُمكن أن يكون هناك سببان لذلك: أولًا، في المجتمعات التي يحدث فيها اضطراب متوسط، فإنَّ رقعًا من المواقع ستوجد في مراحل عدة تعاقبية مُختلفةً. في المنطقة ككل، بعد ذلك، سيكون تنوع الأنواع أكبر؛ لأنَّ مدى كاملاً من الأنواع – التي تُميِّز كل مراحل التَّعاقب– سوف يكون موجودًا. على سبيل المثال، يُمكن لنمط اضطراب متوسط وعَرَضي أن يُحدث في الغابات المطرية فجوة (كما في سقوط شجرة) تسمح بغزو أنواع أُخرى لهذه الفجوة (الشكل 56-26). بعد ذلك، تدخل الأنواع التي احتلت هذه الفجوة مراحل التَّعاقب، شجرة تحتل محل شجرة، حتى تحتل شجرةٌ ظليلة الفجوةَ مرة أُخرى. ولكن إن كانت هناك فجوات عدة بأعمار مُختلفة في الغابة، فإنَّ أنواع أشجار مُختلفة سوف توجد، بعضها في الفجوات القديمة وأخرى في الفجوات الجديدة.

ثانيًا، يُمكن للاضطرابات المُتوسطة أن تمنع المُجتمعات من الوصول إلى المراحل النهائية للتَّعاقب، حيث تُزيل أنواع قليلة سائدة مُنافسة أغلب الأنواع الأخرى. وعلى العكس فإنَّ الاضطراب الواسع يُمكن أن يترك المجتمع بشكل مستمر في أوائل مراحل التَّعاقب، حيث يكون غنى الأنواع قليلًا نسبيًّا.

يُدرك علماء البيئة بشكل مُتزايد أنَّ الاضطراب شائع، وليس استثنائيًّا في مجتمعات مُتعدِّدة. وعلى هذا، فإنَّ فكرة تحرّك المجتمعات بشدة نحو مسار

الشكل 56-26

**الاضطرابات المتوسطة.** شجرة وحيدة ساقطة صنعت فجوة ضوئية في الغابات المطرية الاستوائية في بنما. مثل هذه الفجوات تؤدي دورًا رئيسًا في الإبقاء على التنوع الكبير للأنواع في الغابات المطرية. في هذه الحالة، يُمكن لنبات مُحب لضوء الشَّمس أن يزدهر، وينمو بين الأشجار الكثيفة في الغابة.

تعاقبي يبلغ أقصاه بتكوين مجتمع "الذروة" متوقعة. يُمكن أن يكون التنبؤ بحالة المجتمع في المُستقبل صعبًا؛ لأنَّ وقوع اضطرابات غير مُتوقعة سوف يُعاكس التَّغيرات التَّعاقبية. إنَّ دراسة دور الاضطرابات في تركيب المُجتمعات هو الآن محط دراسة في علم البيئة.

**تتغيَّر المُجتمعات مع الوقت بعملية تُسمّى التَّعاقب البيئي. غنى الأنواع يميل إلى الزيادة عبر الزمن، على الرغم من أنَّه قد يتناقص في النِّهاية.**

**الاضطراب شائع غالبًا في المُجتمعات البيئية. في بعض الأحيان، يُمكن لمستويات من الاضطراب المُتوسط أن تزيد غنى الأنواع.**

# مراجعة المفاهيم

## 56-1 المجتمعات الحيوية: الأنواع تعيش معًا

المُجتمع مجموعةٌ من الأنواع المُختلفة تحتل موقعًا مُعينًا.

- مُصطلح التَّجمُّع يعني مجموعة جُزئية من مُجتمع كبير.
- تتميز المجتمعات بأنواعها الرئيسة، أو غنى أنواعها، أو إنتاجيتها الأولية.
- مفهوم الاستقلالية للمُجتمع يعني أنَّ المُجتمع هو تجمُّع عشوائي لأنواع حدث أنْ وُجدت في مكان ما.
- مفهوم الكُليّة للمُجتمع يُصوِّر المُجتمع بوصفه وحدة مُتكاملة، تتكون من أنواع تعمل معًا بوصفها جزءًا من كل عامل.
- تستجيب الأنواع بشكل مُستقل للظروف البيئية، ويتغيَّر تركيب المُجتمع تدريجيًّا عبر الزمان والمكان.
- المناطق الانتقالية هي مناطق بين بيئات مُنفصلة، حيث تتغير الظروف البيئية بشكل سريع، وتتداخل الأنواع من كل بيئة معًا (الشكل 56-3).

## 56-2 مفهوم العشّ البيئي

العشّ البيئي هو كامل الطُّرق التي تستخدم فيها الأنواع المصادر البيئية.

- العشّ البيئي الأساسي، أو الافتراضي، يصف كيف يكون النوع قادرًا على استخدام المصادر إذا لم يكن هناك عوامل مُؤثرة.
- العشّ البيئي المتحقق هو الظروف البيئية الحقيقية التي تسمح بتأسيس جماعات مُستقرة.
- الأعشاش البيئية هي متحققة بسبب وجود الافتراس، والتَّنافس، والأمراض.
- ينص مبدأ الإقصاء التَّنافسي على أنَّه عندما يحتل نوعان المنطقة نفسها في الوقت نفسه، ويتنافسان على المصادر نفسها، فإنَّ أحد النوعين سينتهي إنْ كانت المصادر محدودة (الشكل 56-5 ب).
- تحدث تجزئة المصادر في الأنواع المُتشابهة بيئيًّا التي تحتل المنطقة الجغرافية نفسها، لتقليل ضغط التنافس (الشكل 56-7).

## 56-3 علاقات بين المفترِس – الفريسة

الافتراس هو استهلاك أحد الأنواع للآخر.

- يُولِّد الافتراس تأثيرات قوية في جماعات الفريسة.
- هناك ضغط انتخابي قوي على الفريسة لتجنب الافتراس، والعكس صحيح، ما يُسبِّب تطورًا متزامنًا لكليهما.
- طوَّرت الفرائس الحيوانية والنباتية دفاعات كيميائية لحماية نفسها من الافتراس.
- توجد الألوان التَّحذيرية في المخلوقات الفريسة التي تستخدم السموم أو اللسعات لطرد المُفترِس.
- تحدث محاكاة بيتس عندما تبدو الأنواع المُستساغة مثل الأنواع المُقزِّزة.
- تحدث محاكاة مولر عندما يبدو نوعان مُقززان متشابهين.

## 56-4 الأنواع المتعددة لتفاعلات الأنواع

يحدث التَّكافل عندما يتفاعل نوعان أو أكثر يرتبطان بشكل أو بآخر بارتباط دائم.

- يُفيد التَّعايش أحد الأنواع، في حين لا يُفيد النَّوع الآخر، ولا يضرّه.
- التَّقايض علاقة يستفيد منها كلا النوعين.
- التَّطفل علاقة يكون فيها العائل مُتضررًا غالبًا لدرجة الموت.
- في الطبيعة، يحدث أكثر من تفاعل واحد في الوقت نفسه.
- يُمكن أن تحدث التأثيرات غير المُباشرة عندما يتأثر عضو من نوعين مُتفاعلين بنوع ثالث.
- الأنواع الأساسية (الأنواع المُهمة) يُمكن لها أن تُحافظ على تنوُّع المُجتمع بتقليل التَّنافس بين الأنواع، أو تعديل البيئة لصنع مَواطن جديدة.

## 56-5 التَّعاقب البيئي، والاضطراب، وغنى الأنواع

للمُجتمعات الميل للتغير عبر الزمن بعملية تُسمّى التَّعاقب

- يقع التَّعاقب عندما تُغيِّر الأنواع مواطنها ومصادرها، لتمهد الطريق لأنواع أخرى.
- التَّعاقب الأولي يبدأ بأساس عارٍ، وخالٍ من الحياة (الشكل 56-24 ب).
- التَّعاقب الثانوي يقع بعد حدوث اضطراب لمُجتمع موجود.
- تشمل طرق التَّعاقب التَّسهيل، والتَّحمل، والتَّثبيط.
- في أثناء التَّعاقب، يزداد غنى الأنواع إلى أن يصل إلى الاستقرار أو يتناقص مع الوقت إذا تفوقت تنافسيًّا الأنواع المُنتخبة بقدرة التحمل.
- يتغير تعاقب الأنواع الحيوانية مع التَّعاقب النباتي، وهذا بدوره، قد يجعل المُجتمعات الحيوانية تُؤثِّر في التَّعاقب النباتي.
- يتغير تركيب المُجتمع بسبب اضطرابات محلية أو عالمية، "تعيد" التَّعاقب مرة أُخرى.
- المُستويات المُتوسطة من الاضطراب يُمكن لها أن تزيد من غنى الأنواع.

openkanal.com

# أسئلة مراجعة

## الاختبار الذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. الدِّراسات التي توضح أن الأنواع التي تعيش في مجتمع بيئي تتغيَّر بشكل غير مُستقل عن بعضها في المكان والزمان:
   أ. تدعم مبدأ الفردية (الاستقلالية) للمُجتمعات البيئية.
   ب. تدعم مبدأ الكلية (الشمولية) للمُجتمعات البيئية.
   ج. تقترح أنَّ تفاعلات الأنواع هي العامل المُحدِّد الوحيد الذي يجعل الأنواع توجد معًا في مجتمع ما.
   د. لا شيء مما ذُكر.
2. إذا كان لنوعين عشّان بيئيان، وأُجبرا على الوجود معًا، والاشتراك معًا بمصادر مُحدَّدة، فإنّ:
   أ. كلا النوعين يُتوقع أن يوجدا معًا.
   ب. كلا النوعين يُتوقع أن ينقرضا.
   ج. النوع الذي يستغل المصادر المحدودة سوف يقود الآخر إلى الانقراض.
   د. من المتوقع أن يُصبح النَّوعان مُتشابهين.
3. بحسب نظرية التَّطور المُترافق بين الفريسة والمفترس، عندما تُطور الفريسة وسيلة دفاع جديدة ضد المُفترس:
   أ. يتوقع أن ينقرض المفترِس.
   ب. تتزايد جماعة الفريسة بشكل مُطّرد لدرجة أنها تخرج عن سيطرة المُفترِس.
   ج. تتزايد أعداد المفترِس.
   د. تتطور استجابات المفترِس عن طريق الانتخاب الطبيعي.
4. لكي تكون المحاكاة فعّالة في حماية نوع من الافتراس، يجب أنْ:
   أ. تحدث في أنواع مُستساغة تُشبه أنواعًا غير مستساغة.
   ب. يكون له ألوان إخفاء.
   ج. تحدث بحيث يكون المقلِّد شبيها بالنَّموذج (المقلَّد).
   د. تحدث في الأنواع الخطرة والسامة.
5. واحدٌ مما يأتي مثال على التَّقايض:
   أ. دودة شريطية تعيش في أمعاء عائلها.
   ب. سمكة مهرجة تعيش بين لوامس قنديل البحر.
   ج. شجرة بطم مع نمل شجر البطم.
   د. نحل يتغذى على رحيق من زهرة ما.
6. أكلُ طيور نقار الثيران:
   أ. للحشرت غير الضارة عن الثدييات مثالٌ على التَّعايش.
   ب. للطفيلات الخارجية مثالٌ على التَّقايض.
   ج. للجرب حتى يتغذى على دم الثدييات مثالٌ على التَّطفل.
   د. كل ما ذُكر.
7. يُطلق على النوع الذي يكون تأثيره في المُجتمع أكبر من المُتوقع بناء على وفرته أنه:
   أ. مُفترس. ب. نوع تعاقب أولي.
   ج. نوع تعاقب ثانوي. د. نوع أساسي
8. عندما يقوم مُفترس بأكل المُنافس الأقوى بين نوعين مُتنافسين فمن المُحتمل أن:
   أ. ينقرض المُنافس الأضعف. ب. يبقى المُنافس الأقوى ويستمر.
   ج. توجد الأنواع المُتنافسة معًا. د. لا شيء مما ذُكر.
9. الأنواع الأساسية تؤدي دائمًا إلى:
   أ. زيادة تنوع الأنواع. ب. تناقص التنوع.
   ج. مُفترسات. د. لا شيء مما ذُكر.
10. الأنواع التي تستوطن أولًا موطن تحت التَّعاقب الأولي:
    أ. تكون عادة أشد المُنافسات.
    ب. تُساعد على إبقاء موطنها ثابتًا، وهذا يُحافظ على بقائها.
    ج. ربما تُغيِّر موطنها بطريقة تُساعد على غزو أنواع أخرى.
    د. يجب أن تكون أولًا مُتخصصة ناجحة في التعاقب الثانوي.
11. إنَّ التنوع في المراحل التَّعاقبية المُتأخرة:
    أ. يُتوقع أن يكون مُنخفضًا.
    ب. يُتوقع أن يكون عاليًا.
    ج. على اتزان دائمًا.
    د. يعتمد على الصفات الفيزيائية للموطن فقط.
12. العشّ البيئي الأساسي للمخلوق:
    أ. يكون دائمًا محدودًا أكثر من العشّ البيئي المتحقق.
    ب. يكون محدودًا بشكل أقل من العشّ البيئي المتحقق.
    ج. يأخذ في الحسبان الظروف البيئية وجود الأنواع الأُخرى.
    د. لا شيء مما ذُكر.
13. تقسيم المصادر:
    أ. يُقلِّل من تداخل الأعشاش البيئية.
    ب. يزيد من التنافس.
    ج. يزيد من تداخل الأعشاش البيئية.
    د. كل ما ذُكر.
14. الأشنات التي تنمو على سطح الصخور تُعطي مثالًا على:
    أ. التَّسهيل. ب. التَّحميل.
    ج. التثبيط. د. التَّعاقب البيئي.

## أسئلة تحدٍّ

1. يُعرف التنافس تقليديًّا بتوثيق أثر نوع في جماعة نوع آخر. هل هناك طرق بديلة لدراسة التأثيرات المُحتملة للتنافس في مخلوقات لا يُمكن عمليًّا إجراء تجارب عليها لكبر حجمها أو طول عمرها؟
2. ارجع إلى (الشكل 56-9). إذا استُبدلت الفريسة الوحيدة من نوع براميسيوم بأنواع عدة مُختلفة من فرائس مُحتملة تختلف في قابلية تناولها بوصفها غذاء أو بسهولة خضوعها للمفترس (مؤديًا إلى مستويات عدَّة من التَّفضيل للمُفترس) كيف تتوقع أن تصبح ديناميكية النظام (يعني هذا، هل تزداد فرصة انقراض هذا النِّظام أم تقل؟) ؟
3. ارجع إلى (الشكل56-22). هل هناك فرضيات أُخرى تفسر سبب الزِّيادة التي تبعها نقصان في أعداد مستعمرات النمل بعد إزالة القوارض في التَّجربة التي ذكرت في (الشكل 56-22) إذا كانت هناك فرضيات، كيف يُمكنك فحص الآلية المُفترضة في الشكل؟
4. ارجع إلى (الشكل 56-7). ادرس النمط الذي تتوزع فيه أحجام المناقير في نوعين من طيور الحسون على جزر جلاباغوس. إحدى الفرضيات التي يُمكن استخلاصها من هذا النَّمط هو أنَّ إحلال الصفات قد وقع. هل هناك أي فرضيات أُخرى؟ إذا كانت هناك فرضيات أخرى، كيف يمكنك فحصها؟

**هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟** زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.

ARIS™



obeikandl.com