- 5 -

الإيقاع اليومي
في العضويات وحيدة الخلية

إيقاعات أشنات التيار الأحمر

سوف نترك الآن دراسات الإيقاعات البشرية ونعود إلى عضو مثير آخر من المملكة الحية؛ سوف تبني الفصول القليلة اللاحقة خلفية من المعلومات تقود إلى اكتشافات أعمال الساعة الموصوفة في الفصل التاسع.

يعمل معظم علماء علم الأحياء الزمني على العضويات متعددة الخلايا، ولكن، وكما رأيت سابقاً، فإن النباتات والحيوانات وحيدة الخلية تمر أيضاً بإيقاعات مثيرة وأساسية للغز المحيط بالساعة الحية تنظمها الساعة نفسها. سوف ننظر لقليل من الأمثلة الأخرى في هذا الفصل.

obeikandl.com

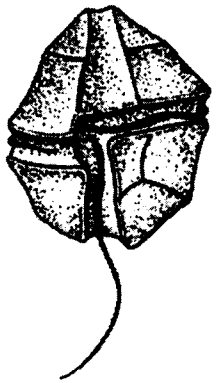
دعونا نبدأ بإيقاع الأشنات التي لا تتوافق مع فترة المد والجزر؛ إن هذه الإيقاعات تساوي في طولها مدة يوم.

يقرأ المرء ـ عادة كل سنة ـ عن ظهور لطخ كبيرة ملونة تتشكل في المحيط قريباً من الساحل. إذا كان ذلك هو كل ما يحصل، فعلى الرغم من أنه يمكن لعدسات التلفاز أن تصورها، وعلى الرغم من أن البقعة قد تكون أحياناً بلون الدم، فربما لم تكن البقعة جديرة بالضجة الإعلامية. لكنها تصبح قصة مثيرة لشبكات التلفزة عندما تحمل رياح الشاطئ رائحة اللطخة إلى الأرض وتجعل الناس يغصون ويسعلون ويشكون من تخريش في العينين. إن ما حصل هنا هو أن الظروف البيئية صارت مناسبة جداً لنمو نوع معين من الأشنات، وقد تمتع هذا النوع بالقدرة على تكاثر مسعور أدى إلى انفجار سكاني. انحلت الذيفانات ومنتجات التهدم من هذا التركيز الهائل من الأشنات في ماء البحر وقتلت الأسماك واللافقاريات المحلية، بينما انتشرت المواد الغازية إلى الهواء ونفحت إلى الشاطئ مسببة سعال الناس أو حتى في بعض الأحيان وفاتهم. إحدى هذه الأشنات المزدهرة هي عضوية تسمى غونيولاكس Gonyaulax، وعندما تزهر فإنها تجعل البحر يصبح ما يدعى بالمد الأحمر. جمعت العالمة الرائعة، المتوفية بيتريس سويني، بعض هذه الأشنات على شاطئ كاليفورنيا، وبعد معرفة ما الذي تحتاج إليه لتبقى حية وتتكاثر في المختبر، بدأت تزرعها في مزارع نقية.

شاركت مزارعها مع الكثير من المختبرات، وأصبحت الأشنات عضوية معيارية للتجارب في مختبرات عبر البلاد وعبر العالم.

إن الغونيولاكس Gonyaulax أشنة وحيدة الخلية يمكنها أن تسبح بضعف بتلويح سوطيها (السوط هو خيط مثل الشعر يشبه ذيل نطفة البشر). إن الأشنة مجهرية، لذلك يمكن للمرء أن يخمن فقط العدد اللازم منها ليجعل عدة أميال من البحر تتلون بالأحمر. بالإضافة إلى التكاثر الهائل، فإن لها ميزات أخرى ملفتة للنظر. سوف أقارن إحدى خصالها (بشكل خاطئ) مع نظيرها في البشر؛ تستطيع مثلنا أن تغير لونها عندما تثار. نحن تحمر وجوهنا؛ وتتلون الغونيولاكس Gonyaulax بالأزرق عندما تُزعج!

عندما يجدف الصياد قاربه ليلاً عبر مزرعة الغونيولاكس Gonyaulax، فإن البحر يضيء للحظات كلما تسحب شفرة المجداف عبر الماء. إذا كان الدفع من محرك القارب، فإن دوران الزعانف يصنع حلزوناً من الشرارات. أو الأكثر روعة، إذا سبحت تحت الماء عبر هذه العوالق المزدهرة، فعندما يمر الماء بين أصابعك، تقفز الشرارات عن قناع وجهك ـ هلوسة بدون مخدرات! كانت مثل هذه العروض المضيئة في العقود الماضية توصف بأنها «فلوروسين البحر» Phosphorescence ـ وميض تلقائي يأتي مباشرة من ماء البحر عند التدخل به. نحن نعلم الآن أن سبب ذلك هو عضوية حية، لذلك يوصف بشكل صحيح على أنه الإضاءة الحيوية.



الغونيولاكس Gonyaulax

إن الضوء المتجمع الصادر في آن واحد حتى من ملايين من الأشنات المضيئة الحيوية ليس لامعاً. لذلك استخلص أن الإضاءة الحيوية لا يمكن أن تنافس ضوء الشمس لذلك لم تكن تلاحظ أثناء النهار. حقيقة الأمر هي أن الأشنات المضيئة حيوياً (مثل الغونيولاكس Gonyaulax) والحيوانات المضيئة حيوياً (مثل ذباب النار) تنتج الضوء في الليل فقط. اكتشف هذا الأمر المثير للاهتمام قبل القرن العشرين. مُلئ مرطبان فواكه بماء البحر الحاوي على الأشنات المضيئة حيوياً وهُز في أوقات مختلفة خلال فترة 24 ساعة: لم يصدر الضوء إلا في الليل. مد نفس العالم الطبيعي المتفرغ الذي لاحظ هذه الملاحظة تجربته خطوة أخرى للأمام. أخذ مرطبانه إلى داخل خزانة وجلس هناك في الظلام ليومين متتاليين. كان يهز المرطبان كل ساعة ويسجل ما إذا صدر الضوء. في نهاية اليوم الثاني أخرجه الجوع المضني

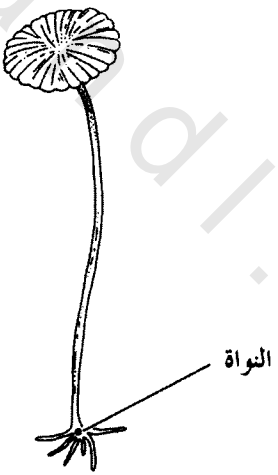
من الخزانة إلى المطبخ، لكن التجربة كانت في نهايتها على كل حال لأن الأشنات كانت أيضاً جائعة جداً وقد حرمت من ضوء الشمس المغذي. بفحص سجله، وجد عالم الطبيعة الفضولي أنه حتى في الظلام المستمر فإن الخلايا قد لمعت في الوقت الذي هو عادة وقت الليل فقط. لقد نشر ملاحظاته، لكن فكرة أن هذه الأشنات المجهرية تملك ساعة داخلية لم تخطر على باله؛ أو أنها وإن خطرت، فقد كان يفتقر إلى الشجاعة لتسجيل هذا الاقتراح الخيالي كتابة.

بحلول سنة 1957، عندما أصبحت الغونيولاكس Gonyaulax متوفرة بسهولة في المزارع النقية، كان من السهل القيام بدراسات معقدة على قدرتها على اللمعان. كان الهواء ينفخ بشكل دوري عبر مزارع الأشنات في أنابيب الاختبار ضارباً الخلايا بعضها ببعض مسبباً إضاءتها؛ سجل كل ضوء يصدر بشكل أوتوماتيكي بمقياس حساس للضوء. وجد إيقاع إضاءة حيوية ليلي واضح كل 24 ساعة. وهكذا، فإن كل خلية من الغونيولاكس Gonyaulax، مثل كل خلية من اليوجلينا وكل دياتوم فردي متجول، يملك ساعته الحية الخاصة.

الحياة بدون نواة، كأس فينوس المعتقة

هنا مثال آخر من عالم النباتات وحيدة الخلية. تثبت كأس ڤينوس المعتقة، غير العادية، نفسها في قاع المحيط بمقابض

تشبه الجذور، بينما يتموج القسم العلوي منها بلطف في التيارات المدلكّة. في معظم فترات حياتها تكون مجردة من الغطاء بشكل المظلة المشاهد في الرسم؛ يتشكل ذلك التركيب فقط عندما يكون النبات على وشك التكاثر. من العجيب أنه على الرغم من أنها قد تنمو إلى خمسة إنشات طولاً، فإنها خلية واحدة فقط! لأنها في معظم فترات حياتها توجد كمجرد خيط رفيع يبرز من أرض المحيط، فإن عدداً قليلاً فقط من الناس يلاحظها. لكنها شائعة نسبياً في المحيطات الدافئة؛ جمعنا عيناتنا من المياه الضحلة للمكسيك وجامايكا[7].



كأس فينوس المعتقة

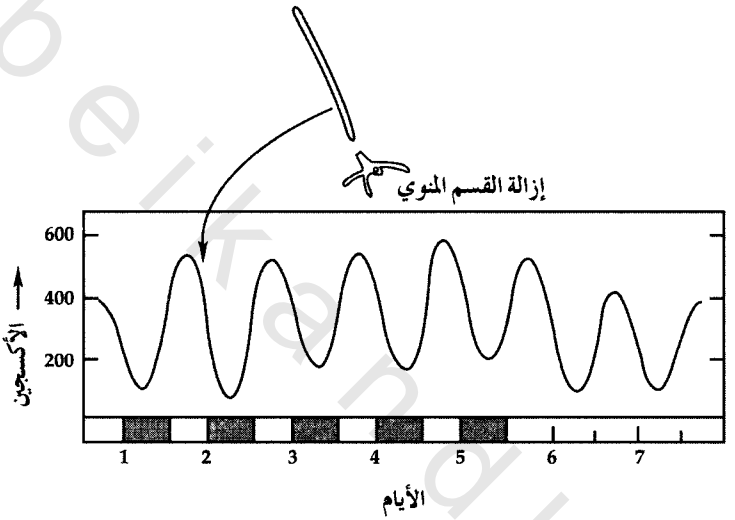
(7) هناك أوقات يكون فيها المرء عالم أحياء بحرية أمراً محبطاً (إذ يتوجب عليه الغطس في المياه الباردة والإبحار في البحار الهائجة) وخطيراً =

مباشرة بعد الجمع، يزرع المختبر المحظوظ (مختبري) أو الماهر (جميع المختبرات الأخرى) كأس ڤينوس المعتقة حتى تتوافر دائماً مصادر منه لإجراء التجارب. لا يلمع هذا النبات في الظلام، كما أنه لا يتنقل على مزاجه، لذلك كان أول إيقاع يدرس فيه هو التركيب الضوئي. للقيام بذلك، كان يحدد معدل التركيب الضوئي كل بضع ساعات. هذا يعني أنه حتى لو كان الوقت منتصف الليل وبالتالي وقت ظلام، فإن الظلام كان يقطع بنفس شدة ضوء الاختبار، ولنفس الفترات القصيرة، تماماً كما كان يحدث في الاختبارات النهارية. وهكذا كانت جميع التحديدات تجري في ظروف متماثلة. برغم ذلك، كان معدل التركيب الضوئي للنبات أقل بكثير ليلاً عنه نهاراً. لو أردنا شرح ذلك بطريقة أخرى، ليس هناك معنى لآلية التركيب الضوئي لأن تعمل في الليل في الطبيعة لأنها لا تستطيع أن تعمل بدون ضوء ـ لذلك فإنها لا تعمل.

يظهر الشكل 1.5 إيقاع التركيب الضوئي (حسبما يحدده الأكسجين الناتج) خلال الأيام الخمسة الأولى في ظروف النهار/الليل. على الرغم من أن النتائج متوقعة، فبالعودة إلى

= (مثل الاجتماع تحت الماء مع الأسماك اللاحمة، أو العمل في طين أفون الملوث بالجراثيم): لكن الطلب من المرء أن يجمع أشنيات الماء قليل العمق هذه من مياه البحر الكاريبي هو مظهر من مظاهر العمل يعاكس بشكل جميل تلك الأمور المزعجة.

الشكل يمكنك أن ترى أنه بعد اليوم الخامس، أبقي الضوء طوال الوقت واستمر الإيقاع. إذاً، توجد هنا أيضاً عضوية تمتلك ساعتها الخاصة.



الشكل 1.5 إيقاع التركيب الضوئي لدى كأس ڤينوس المعتقة، أولاً في ظروف النهار/ الليل (الأيام 1 ـ 5) ومن ثم مع إبقاء النور مضيئاً باستمرار. في نهاية اليوم 1 استئصلت النواة. تظهر المناطق المظللة على محور السينات فترة 12 ساعة من الظلام.

كما تعلم، فإن الجينات المكونة من الدنا Dna تتحكم بمعظم الحوادث المهمة في كل خلية. تتوضع النواة في كأس ڤينوس المعتقة في القسم المثبت من الخلية في القاعدة. كل ما على عالم الأحياء لاستئصالها هو قطع المثبت. تبدو هذه

المعالجة القاسية كأنها عملية إعدام، لكن ذلك ليس صحيحاً في هذه العضوية، حيث أن الأشنة تستمر في الحياة عدة أشهر بدون نواتها. إذا لم يكن ذلك كافياً لإثارة الدهشة، عد إلى الشكل 1,5 مرة أخرى وانظر كيف أن نواة النبات قد استئصلت في بداية اليوم الثاني، مع ذلك فقد استمر الإيقاع حتى في الظروف الثابتة ـ من المعروف أنه يستمر حتى فترة 28 يوماً! وهكذا فإن هذا النبات يستمر في معرفة الوقت على الرغم من أن نواته ـ مركز تحكمها الرئيسي ـ قد ألقيت في سلة المهملات.

قبل أن تلتقط أنفاسك، هناك المزيد. في التشويه التالي، قطع الخيط الذي لا يحتوي على نواة إلى قطع بطول نصف إنش. استمرت كل قطعة صغيرة بالحياة لمدة طويلة فعلاً واستمر إيقاع التركيب الضوئي في كل قطعة. الخلاصة لا مفر منها: إن كل قطعة صغيرة لديها ساعة واحدة (ربما أكثر) خاصة بها! تحتوي كأس ڤينوس المعتقة، على الرغم من كونها خلية واحدة، الكثير من الساعات التي لا تتطلب أية منها السيد «بيغ بين» جالساً في نواتها ليضبط فترات إعطائه الإشارة. آخر موقف للعرض هو حقيقة أن إيقاع التركيب الضوئي هو واحد فقط من الكثير من أنواع الإيقاعات الأخرى في هذا النبات.

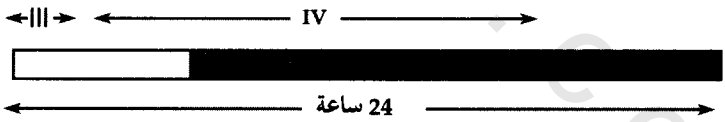
التبدلات اليومية في الجنس

سوف أعطي آخر مثال من عالم الحياة وحياة الخلية ـ هذه

المرة من بروتوزون يسمى بارامسيوم ذات النوى الكثيرة الدقيقة. يتذكر معظم القراء البارامسيوم كعضوية تشبه الفول السوداني، مغطاة بالأهداب تسبح في ماء البركة الذي نظرت إليه عبر المجهر في أيام المدرسة. يمتلك البارامسيوم نوعين من النوى، تتميز كل منهما بحجمها؛ الكبيرة (النواة الكبيرة) والصغيرة (النواة الدقيقة). كما يمكنك أن تستنتج من اسم النوع الذي يملأ الفم، ذات النوى الدقيقة المتعددة، فإن لدى هذا الحيوان نوى صغيرة كثيرة في جسمها. إن العملية الجنسية في البارامسيوم تسمى الاقتران وتتم كما يلي: تتصل خليتان ببعضهما البعض وتتبادلان النوى الدقيقة ـ التي تعمل في هذه الحيوانات كنطف ـ عبر جسر يتشكل بين هذين الحيوانين. عندما تكتمل هذه السعادة الاقترانية، تنفصل الخليتان وتسبحان بعيداً، وكل منهما يحتوي على قطعة صغيرة من المواد الجينية. سرعان ما تنقسم الخلايا التي قامت بالاقتران، وكذلك تنقسم النوى الدقيقة، مرة بعد مرة، معطية خلايا بنات تحمل نسخاً من التكوين الجيني حديث التكوين.

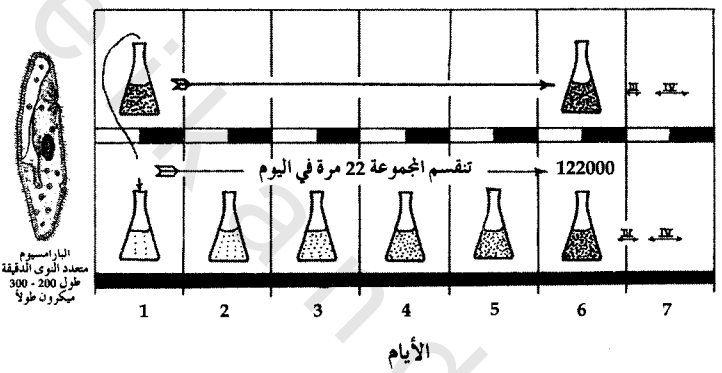
في الدراسات المخصصة لكشف حياة البارامسيوم الجنسية، وُجد مظهر مثير للاهتمام في هذا النوع بالذات: لا تقسم أفراده إلى ذكور وإناث؛ إنما هنالك ثمانية أنواع من الأجناس. بينما الشخص الصحيح السياسة سيكون أمامه يوم عمل لغوي ليجد طرقاً لوصف الأجناس المختلفة دون أن

يخشى من إزعاج بعض منها بهذه التسميات، فإن علماء الأحياء وحيدة الخلية ميزوا بينها ببساطة بتسميتها الأنواع المتزاوجة I, II, III, حتى VIII إضافة إلى ذلك فإن النوع التزاوجي الذي سأصفه هو III و IV معاً ويمكنه أن يبدل نوعه التزاوجي من أحدهما إلى الآخر بدون إجراء جراحة تغيير الجنس والمعالجة الهرمونية التي يجريها بعض البشر. في الحقيقة، يحصل تغيير الجنس بتعليمات تنشأ من ساعة الخلية. عندما توضع الخلية في دارة نور ـ ظلام لمدة ست ساعات من الضوء تتناوب مع 18 ساعة من الظلام، فإن البارامسيوم يكون من النوع المتزاوج IV خلال الساعات الأخيرة من الضياء وعلى الأقل خلال الـ 12 ساعة الأولى من الظلام. لكنها تتبدل بعد ذلك إلى النوع III خلال الساعات الأولى من الضياء.



في أوقات أخرى من اليوم يكون الحيوان في انتقال جنسي. كما لا بد أنك قد تعودت عليه الآن، فإن إيقاع تبديل الجنس هذا، شأنه شأن أي إيقاع آخر، يستمر في الظروف الثابتة.

هاك تجربة بسيطة تعطي بعض النتائج المثيرة جداً والمهمة والمدهشة. تبدأ التجربة بمجموعة كبيرة من البارامسيوم ذات النوى الدقيقة المتعددة التي تحفظ في ظروف النهار/الليل (كما يرى في الدورق في الزاوية العلوية اليسرى في الشكل 2.5).



الشكل 2.5 مخطط يمثل تجربة تظهر أن ساعة البارامسيوم بقيت تعمل حتى خلال انقسام الخلايا.

نزعت ثمان من هذه الخلايا ووضعت في حاوية صغيرة لوحدها وأبقيت في ظلام مستمر (الزاوية السفلية اليسرى). إن الحياة هنيئة هناك لأنه يوجد الكثير من الطعام في وسط الزرع، وهي تنقسم انقساماً لاجنسياً عدة مرات في اليوم؛ في الواقع، في غضون ستة أيام فقط تعطي هذه الحيوانات الدقيقة الثمانية أكثر من 120،000 بارامسيوم. عدا عن الخلايا الأصلية الثماني، فإن البقية من زملاء الدورق لم تتعرض أبداً لتبادل النهار/الليل،

بل أن وجودها كان دائماً في ظلام سرمدي. بحلول اليوم السابع فإن الطعام في الوسط قد انخفض كثيراً، وتحرض ندرة الطعام التكاثر الجنسي (كم يختلف هذا الشكل من الإثارة عن البشر الذين كثيراً ما يبدأون الطقس الجنسي بوجبة لذيذة في مطعم جميل): يبدأ البارامسيوم إيقاع التغيير الجنسي. أظهر إيقاعهم نفس التواتر تقريباً كإيقاع المجموعة الأصلية التي أخذت منها الخلايا الثمانية. الآن نصل إلى الاستنتاج المدهش: استمرت الساعات في هذه الخلايا الثمانية بالعمل بدقة، في غياب أي أدلة بيئية عن الوقت، بينما كان كل بارامسيوم، وكذلك ساعته، ينقسم إلى قسمين أكثر من مرتين في اليوم وهي لا تزال تحافظ بدقة على الوقت الصحيح. إن هذا عمل بطولي حقاً، وهي تثير الإعجاب أكثر من ساعة التايمكس «التي يمكن أن تتلقى القرع وتستمر في القرع».