بدائيات النوى (1) Prokaryotes

1- بدائيات النوى ذات انتشار واسع

تعد معظم بدائيات النوى كائنات مجهرية، لكن كثرة تعدادها يعوض ما هي عليه من صغر في الحجم حيث تعادل كتلتها البيولوجية مجتمعة أكثر من عشرة أضعاف مجمل حقيقيات النوى. فعدد بدائيات النوى في قبضة يد واحدة من تربة خصبة، يفوق عدد البشر الذين عاشوا في أي وقت.

فما الذي يمكن هذه الكائنات الحية الدقيقة من سيادة المحيط الحيوي عبر تاريخها، ان أحد أسباب نجاحها يعود إلى وفرة التكيفات التي مكنت مختلف بدائيات النوى من الاستيطان في البيئات المتنوعة. فبدائيات النوى تعيش في كل مكان تقريبا، بما في ذلك أماكن شديدة الحموضة، أو الملوحة، أو البرودة، أو الحرارة، شدة لا يمكن للكائنات الحية الأخرى أن تتحملها(الشكل 1).

الشكل (1): مستعمرات صفراء و برتقالية من بدائيات النوى محبة للحرارة في المياه الساخنة لمحمات نيفادا Nivada.

و كما اكتشفت بدائيات النوى في صخور تحت الأرض بميلين. و خلال إعادة بناء التاريخ التطوري المستتر خلف أنماط الحياة المتنوعة لبدائيات النوى ، اكتشف البيولوجيون أن لهذه الكائنات الحية تنوعا جينيا. فعلى سبيل المثال بينت مقارنة بين الرنا الريبوزومي لسلالتين من نوعي بكتيريا الايشرشيا القولونية الإنسانية و البلاتيبوسية اختلافا جينيا كبيرا.تصنف بدائيات النوى في قطاعين

اثنين هما البكتيريا و الأركيا و هما يختلفان فيما بينهما في العديد من الخصائص الكيميائية الحيوية، و الفيزيولوجية، و البنيوية.

2– التكيفات الجينية و الوظيفية و البنيوية أساس تفوق بدائيات النوى

إن معظم بدائيات النوى وحيدة الخلية، و ان كان بعض أنواعها يتجمع في مستعمرات بشكل عابر أو دائم، و تتراوح أقطار الخلايا البدائية النوى نموذجيا بين 1– 5 ميكرون، و هي أصغر بكثير من أقطار العديد من الخلايا الحقيقيات النوى المتراوحة بين 10–100 ميكرون. هناك بعض بدائيات النوى العملاقة إذ يقارب قطرها 750 ميكرون و بالكاد تراها العين المجردة. و للخلايا بدائية النوى أشكال متعددة، و أشيع ثلاثة من أشكالها: الكروية (المكورات) و العصوية (العصيات) و الحلزونية (الشكل 2).

أ– حلزونية ب– عصوية الشكل ج– كروية (مكورات)

الشكل (2): الأشكال الأكثر شيوعا من بدائيات النوى

3- بنيات سطح الخلية

يعتبر الجدار الخلوي واحدا من أكثر المعالم الهامة لجميع الخلايا بدائية النوى تقريبا وذلك لأنه :

1) يحافظ على شكل الخلية.
2) يؤمن الحماية الفيزيائية.
3) يمنع انفجارها في الوسط منخفض التوتر.

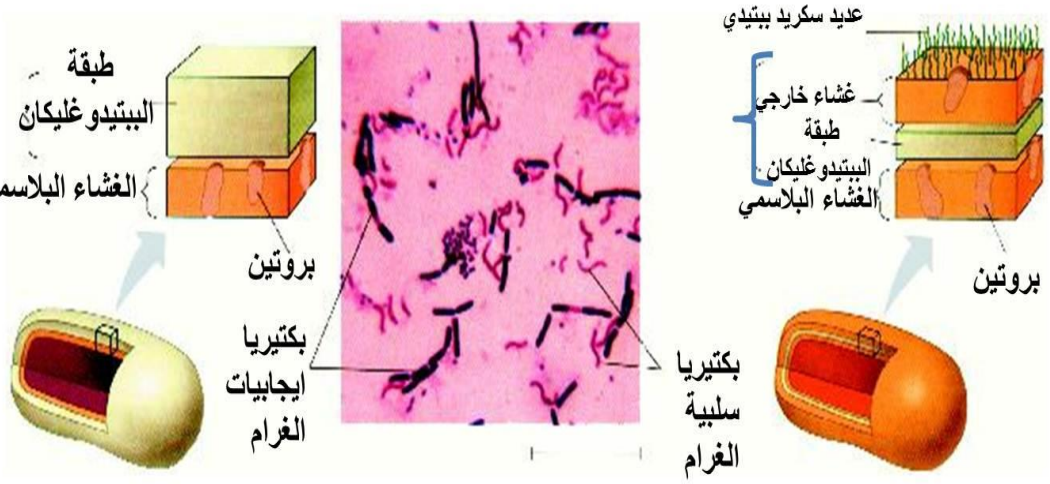
تخسر معظم بدائيات النوى تخسر ماءها في الوسط مرتفع التوتر و تتقلص مبتعدة عن جدرها (الانحلال البلاسمي)، تماما كما هو الحال في الخلايا الأخرى ذوات الجدر. و ان الخسارة البالغة للماء تثبط تناسل بدائيات النوى، و هذا يفسر كيف يمكن للملح أن يستخدم كحافظ لبعض الأطعمة كالسمك و لحم الخنزير.

تختلف الجدر الخلوية لبدائيات النوى في تكوينها الجزيئي و بنائها عن الجدر الخلوية لحقيقيات النوى. إن الجدر الخلوية لحقيقيات النوى تتألف عادة من السيللوز أو الكيتين، بينما تحتوي معظم الجدر الخلوية للبكتيريا على الببتيدوغليكان و هو شبكة من مكثورات سكرية معدلة ذات أواصر متصالبة مع عديدات ببتيدات قصيرة، و يكتنف هذا النسيج كامل الخلية البكتيرية و يثبت الجزيئات الأخرى المتمادية من سطحها.

تحتوي جدر خلايا الأركيا تشكيلة متنوعة من عديد السكريد و البروتينات، غير أنها تفتقر للببتيدوغليكان و باستخدام تقانة تدعى ملون غرام، ابتكرها في القرن التاسع عشر طبيب دانيماركي يدعى هانز كريستسان غرام. تمكن العلماء من تصنيف الأنواع البكتيرية إلى مجموعتين و ذلك وفق الاختلافات في تركيب جدار الخلية.

فالبكتيريا ايجابيات الغرام جدرا أبسط و كمية أكبر نسبيا من الببتيدوغليكان (الشكل3). أما البكتيريات سلبية الغرام فتمتلك كمية أقل من الببتيدوغليكان، و هي أكثر تعقيدا من الناحية البنيوية، و لها غشاء خارجي يحتوي على عديدات سكريدليبيدية (كاربوهيدرات مرتبطة مع ليبيدات) (الشكل3).

د. حسان حسن



الشكل (3): **تلوين غرام**. تلون البكتيريا بالصباغ البنفسجي و اليود، و تغسل بالكحول ثم تلون بالأحمر ، فتحدد الاستجابة للتلوين بنية الجدار (LM).

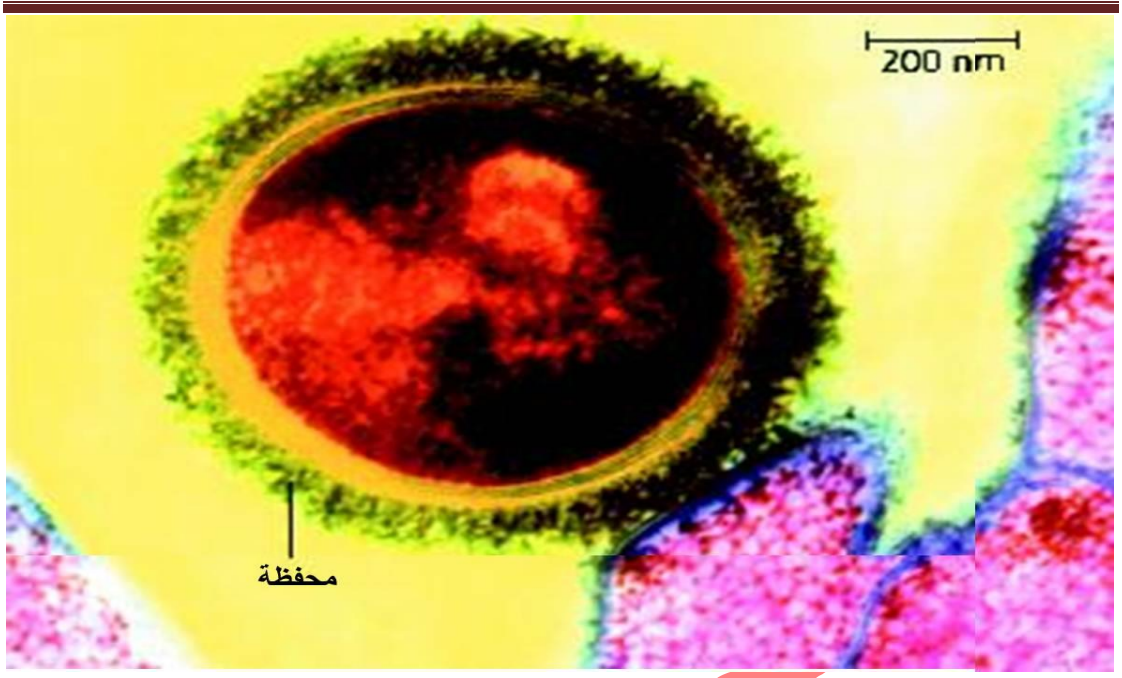
و يعد تلوين غرام أداة تحديد قيمة في الطب على الخصوص، فمن بين البكتيريا الممرضة أو المسببة للمرض ، تعد الأنواع السلبية الغرام أكثر تهديدا من الأنواع الايجابية الغرام. فعديدات السكريد الليبيدية في جدار البكتيريات سلبيات الغرام سامة غالبا، و يساعد غشاؤها الخارجي في حمايتها من دفاعات الجسم. علاوة على ذلك تعتبر سلبيات الغرام من البكتيريا الأكثر مقاومة للمضادات الحيوية من أنواع ايجابيات الغرام، بسبب وجود الغشاء الخارجي الذي يعرقل دخول الأدوية.

و تستمد بعض المضادات الحيوية بما فيها البنسلين فاعليتها من تثبيطها الأواصر المتصالبة للببتيدوغليكان، و بالتالي تمنع تشكل جدار خلوي وظيفي، و خاصة في البكتيريا ايجابيات الغرام.

و تدمر مثل هذه الأدوية أنواعا عديدة من البكتيريا الممرضة دونما تأثير مضاد على خلايا الإنسان، التي لا تحتوي على الببتيدوغليكان. تغطي الجدار الخلوي للعديد من بدائيات النوى محفظة Capsule و هي عبارة عن طبقة دبقة من عديد السكريد أو البروتين (الشكل 4).

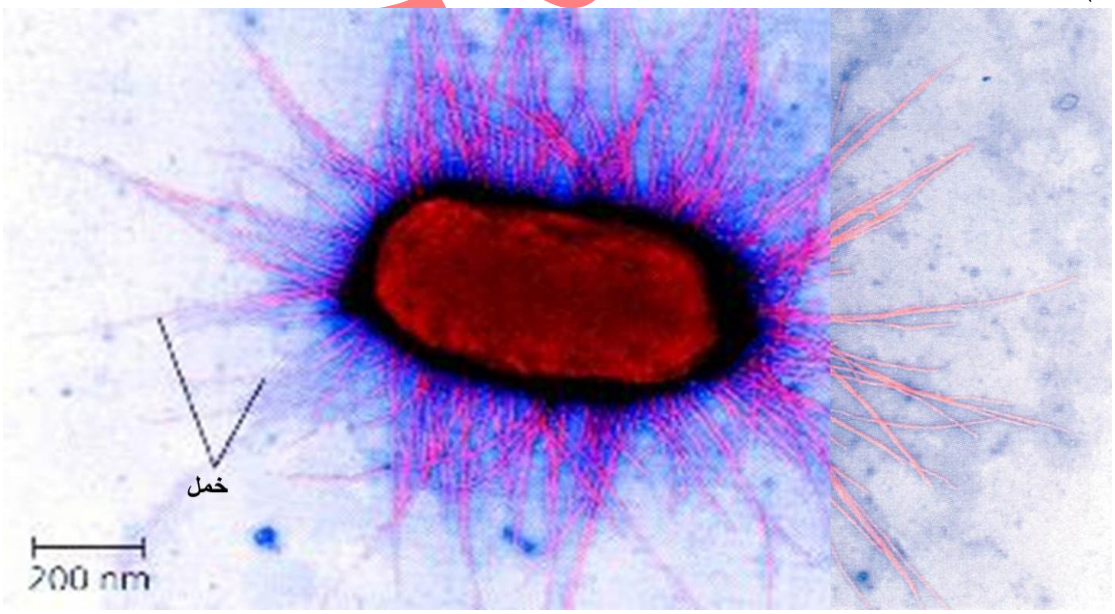
و تمكن المحفظة بدائيات النوى من الالتصاق بركائزها أو بالأفراد الأخرى للمستعمرة. و تستطيع أيضا حماية بدائيات النوى الممرضة من هجوم جهاز مناعة مضيفها.

د. حسان حسن



الشكل (4): **المحفظة**، تحيط محفظة من عديد سكريد ليبيدي ببكتيرية المكورة العقدية هذه ممكنة بدائي النواة الممرض من الالتصاق بالخلايا المبطنة للسبيل التنفسي للإنسان.

و تلتصق بعض بدائيات النوى مع ركائزها أو مع بعضها بوساطة زوائد تشبه الشعر تدعى الخمل (مفردها خملة)، و أشعارا (مفردها شعرة) و الخمل عادة أكثر عددا و أقصر من الأشعار (الشكل 5).



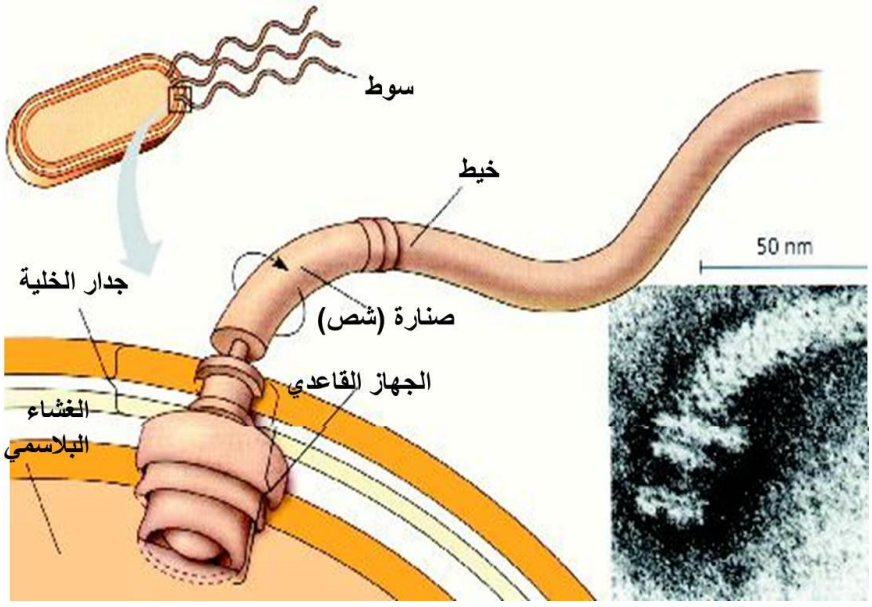
الشكل (5): **الخمل**: تمكن هذه الزوائد المتعددة بعض بدائيات النوى من الالتصاق بالسطوح أو بدائيات النوى الأخرى.

تستخدم النيسيريا البنية (تلك البكتيريا المسببة لداء السيلان) خملها لتتثبت على الأغسية المخاطية لمضيفها. و تعمل أشعار متخصصة، تدعى الأشعار الجنسية على ربط بدائيات النوى خلال اقترانها، في عملية تنقل فيها الخلية ال DNA إلى خلية أخرى.

4- الحركية Mobility

إن ما يقارب نصف مجمل بدائيات النوى قادر على القيام بحركة موجهة. و تستطيع بعض الأنواع الحركة بسرعة تزيد عن 50 ميكرومترا في الثانية، أي أنها تتخطى في الثانية الواحدة مسافة تفوق طول جسمها بخمسين مرة. و تعد السياط الأكثر شيوعا من بين البنيات المتعددة التي تمكن بدائيات النوى من الحركة، و التي قد تنتشر فوق كامل سطح الخلية، أو قد تتركز في إحدى أو كلا نهايتي الخلية.

و تختلف سياط بدائيات النوى عن حقيقياتها في البنية و آلية الدفعان (الشكل6). يبلغ عرض سياط بدائيات النوى عشر عرض سياط حقيقيات النوى و لا يغطيها امتداد من غشاء بلاسمي. قد تتحرك بدائيات النوى الحاوية على السياط عشوائيا في الأوساط الثابتة نسبيا، بينما تبدي العديد منها جذبا في الأوساط المتغايرة، فتتحرك منجذبة أو مبتعدة عنه.

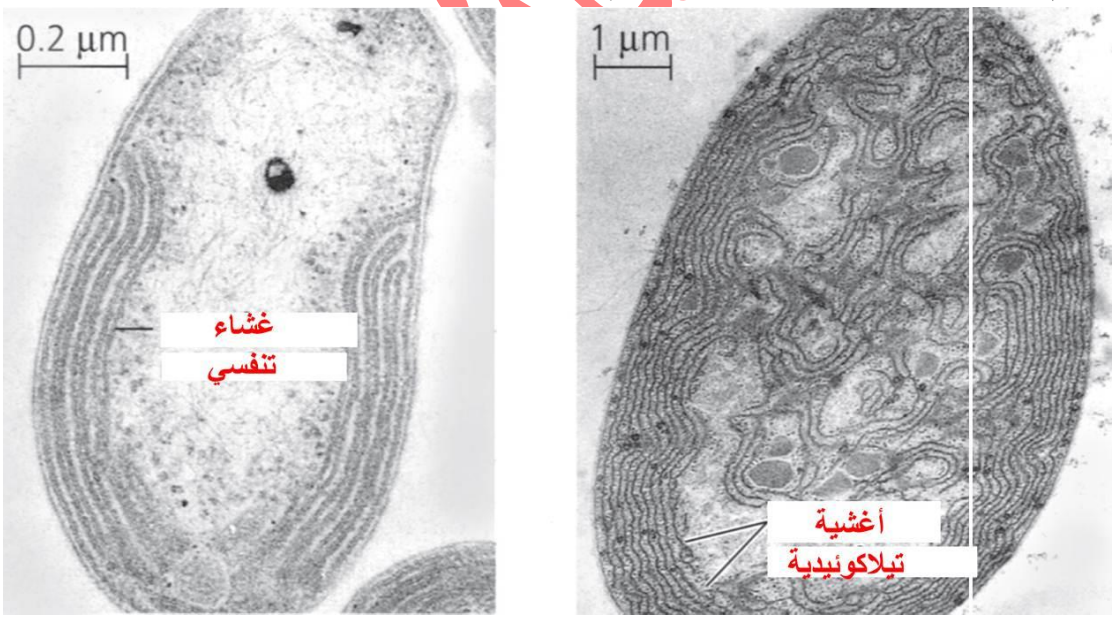


الشكل (6): **سوط بدائيات النوى**، يحرك سوط بدائيات النوى جهاز قاعدي و هو عبارة عن منظومة من حلقات منطمرة في جدار الخلية و الغشاء البلاسمي.

و كمثال عنها، بدائيات النوى التي تبدي انجذابا كيميائيا تستجيب للمواد الكيميائية بتغيير نمط حركتها. فقد تتحرك نحو الغذاء و الأكسجين (انجذاب كيميائي سلبي)، أو تتحرك مبتعدة عن مادة سامة (انجذاب كيميائي سلبي).و في عام 2003 بين علماء من جامعة برينستون و معهد ماري كوري في باريس أن خلايا الايشريشيا القولونية المعزولة تبدي انجذابا كيميائيا نحو أفراد آخرين من أنواعها، مما يمكنها من تشكيل المستعمرات.

5– التعضي الجيني و الداخلي

تعتبر خلايا بدائيات أبسط من خلايا حقيقيات النوى، في كل من البنية الداخلية و التعضي الجيني. تفتقر بدائيات النوى إلى التحاور المعقد الموجود في حقيقيات النوى (انظر الى الشكل). و كذلك تمتلك بعض بدائيات النوى أغشية متخصصة تنجز وظائف استقلابية (الشكل 7) و عادة ما تكون هذه الأغشية طيات من الغشاء البلاسمي. يختلف جينوم بدائيات النوى في البنية اختلافا كبيرا عن جينوم حقيقيات النوى و يمتلك ما يعادل تقريبا واحدا بالألف فقط من ال DNA الأخيرة.



أ– بدائية نواة تقوم بالتركيب الضوئي ب– بدائية نواة هوائية

الشكل (7):**الأغشية المتخصصة في بدائيات النوى**

و يتألف معظم الجينوم في أغلبية بدائيات النوى من حلقة من ال DNA و بروتينات قليلة نسبيا مترابطة معها هذه الحلقة من المادة الجينية تدعى عادة صبغي بدائي النواة (الشكل 8).

الشكل (8): **صبغي بدائي النواة**، إن هذه العرى الدقيقة المتشابكة المحيطة بخلية الايشيرشيا القولونية المتمزقة هذه ما هي إلا أجزاء من حلقة مفردة من ال DNA.

و على العكس من صبغيات حقيقيات النوى المحتواة ضمن النواة يتوضع الصبغي بدائي النواة في منطقة نووية، هي جزء من السيتوبلاسما تظهر في الصور الالكترونية باهتة أكثر من السيتوبلاسما المحيطة بها. و قد تشمل الخلية بدائية النواة النمطية، فضلا عن الصبغي المفرد، على حلقات أصغر من ال DNA تدعى البلازميدات، أكثر ما تحتوي على قليل من الجينات فقط.

تؤمن جينات البلازميد هذه مقاومة للمضادات الحيوية و توجه الاستقلاب نحو أغذية قلما تصادفها أو غير ذلك من الوظائف الطارئة. و قد تبقى الخلية بدائية النواة حية في بعض الأوساط دون بلازميداتها طالما أن الصبغي يرمز جميع وظائفها الأساسية و لكن في ظروف معينة كما هي الحال حين تستخدم المضادات الحيوية حين تستخدم لعلاج مرض معد فان تواجد البلازميد يزيد بشكل واضح فرصة بدائية النواة بالنجاة و تتنسخ البلازميدات بشكل مستقل عن الصبغي الرئيس و يمكن للعديد منها أن تنتقل بسهولة بين الشركاء عند اقتران بدائيات النوى.

ان عمليات تنسخ ال DNA و انتساخه و ترجمته متسابهة من حيث المبدأ في بدائيات النوى و حقيقياتها بالرغم من وجود بعض الاختلافات. على سبيل المثال تعتبر ريبزومات بدائيات النوى أصغر من ريبوزومات حقيقيات النوى و مختلفة في محتواها من البروتين و ال RNA . هذه الاختلافات من الأهمية بمكان بحيث أن بعض المضادات الحيوية كالاريترومايسين و التتراسكلين، ترتبط مع ريبوزومات بدائيات النوى و تمنع اصطناع البروتينات فيها لكنها لا تفعل ذلك مع

حقيقيات النوى و بالنتيجة يمكننا استخدام هذه الصادات الحيوية للقضاء على البكتيريا دون أن نلحق الأذى بأنفسنا.

6- التناسل و التكيف عند بدائيات النوى

تعتبر بدائيات النوى بالغة التفوق إلى حد ما يسبب مقدرتها على التناسل بسرعة في وسطها المفضل. و بواسطة الانقسام عبر الانشطار. تصبح الخلية بدائية النواة خليتين، ومن ثم أربع، و ثمان، و ست عشرة، و هكذا. و بينما تستطيع معظم بدائيات النوى الانقسام كل ساعة إلى ثلاث ساعات، نجد أنه بمقدور بعض الأنواع تحت ظروف مثالية إنتاج جيل جديد في غضون عشرين دقيقة فقط و لو استمر التناسل وفق هذا المستوى دون رقابة لاستطاعت بدائية نواة واحدة في ثلاثة أيام فقط أن تشكل مستعمرة تفوق الأرض وزنا. لكن في الواقع ، لتناسل بدائيات النوى حد طبعا، فحالما تستنزف الخلايا مخزونها الغذائي تسممها فضلات استقلابها أو تستهلكها كائنات حية أخرى.

و تواجه بدائيات النوى في الطبيعة منافسة كائنات حية أخرى دقيقة تنتج العديد منها مضادات حيوية كيميائية تبطئ تناسل بدائيات النوى.

و يعزى تفوق بدائيات النوى أيضا الى مقدرة بعضها على مواجهة الظروف القاسية. فعلى سبيل المثال تستطيع بكتيريا معينة تشكيل خلايا مقاومة تدعى الأبواغ الداخلية و ذلك عندما يفتقر وسطها الى غذاء أساسي (الشكل 9). اذ تنتج الخلية الأصلية نسخة عن صبغيها و تحيطه بجدار قاس، مشكلة البوغة. يزال الماء من البوغة، و يتوقف الاستقلاب فيها. و بعدها تتلاشى بقية الخلية الأصلية تاركة بوغة وراءها. إن معظم الأبواغ مقاومة جدا بحيث تستطيع البقاء حية في الماء المغلي. و حتى يتم القضاء على الأبواغ، يتوجب على علماء الأحياء الدقيقة تسخين أداة المختبر إلى 121 درجة مئوية مع البخار و تحت ضغط مرتفع.

الشكل (9): بوغة داخلية العصوية الجمرية، تنتج هذه البكتريا لمرض خطير يدعى الجمرة أبواغا داخلية تساعد ثخانة البوغة المشكلة لمعطف واق في الإبقاء عليها حية في التربة لسنوات.

و في البيئات الأقل عدائية، يمكن للأبواغ أن تبقى في سبات لقرون، مع قابليتها للحياة، قادرة على تمييه ذاتها، و استئناف استقلابها عندما تتلقى إشارات بأن بيئتها أصبحت حميدة أكثر.
تستطيع بدائيات النوى التكيف بسرعة مع التغيرات الطارئة على بيئتها من خلال التطور عبر الاصطفاء الطبيعي. و لأن بدائيات النوى تتناسل بسرعة، فانه يمكن للطفرات التي تمنحها لياقة أكثر أن تصبح الأكثر شيوعا في الجماعة.

و لذلك كانت بدائيات النوى كائنات حية نموذجية للعلماء الذين يدرسون التطور في مختبراتهم. فعلى سبيل المثال، قام ريتشارد لينسكي و فريقه من جامعة ولاية متشيغن بالحفاظ على أكثر من 20000 جيل لمستعمرات الايشيريشيا القولونية منذ عام 1988 و يعمل الباحثون على تجميد عينات من المستعمرات بشكل منتظم، ثم يقومون أخيرا بتدفئتها لتقارن خصائصها مع خصائص الأجيال الأخيرة. و قد خلصوا في واحدة من هذه المقارنات الى أن مستعمرات اليوم قادرة على النمو أسرع مما تنمو به مستعمرات عام 1988 ب 60%، ضمن نفس الظروف البيئية.

و يعمل فريق لينسكي على استكشاف التغيرات الجينية التي هي وراء التكيف التطوري للمستعمرات مع بيئتها. فخرجوا عام 2003 بتقرير مفاده أن مستعمرتين قد أظهرتا تغيرات متماثلة في تعبيرهما عن نفس ال 59 جينا مقارنة مع المستعمرات الأصلية. بهذا يمكن التناسل السريع للايشيرشيا القولونيةE. coli العلماء من توثيق هذا المثال عن التطور التكيفي و يسهل الانتقال الأفقي للجين أيضا التطور السريع لبدائيات النوى.

فمثلا يسمح الاقتران بتبادل البلاسميد الحاوي على عدد قليل من الجينات أو حتى على مجموعات كبيرة من الجينات و حالما تندمج الجينات المنقولة في جينوم بدائي النواة فإنها تخضع لاصطفاء طبيعي خلال الدورات المتتالية للانشطار الثنائي، و يعد الانتقال الأفقي للجين ذا مفعول كبير في التطور طويل الأمد للبكتيريا الممرضة.

يمكن تصنيف جميع الكائنات الحية من خلال تغذيتها (كيف تحصل على الطاقة و الكربون المستخدمان في بناء الجزيئات العضوية المكونة للخلايا. و يعد التنوع الغذائي عند بدائيات النوى أكبر منه عند جميع حقيقيات النوى. فكل نمط تغذوي يلاحظ في حقيقيات النوى نجده عند بدائيات النوى، فضلا عن طرز تغذوية تنفرد بها بدائيات النوى.

تدعى الكائنات الحية التي تستمد طاقتها من الضوء: ضوئيات التغذية Phtotrophes، و تدعى تلك التي تستمد طاقتها من المواد الكيميائية : كيميائيات التغذية chemotrophs، بينما تدعى الكائنات الحية التي تحتاج مركب ثاني أكسيد الكربون اللاعضوي كمصدر للكربون: ذاتيات التغذية autotrophs. و في المقابل تتطلب غيريات التغذية Heterotrophsواحدا على الأقل من الأغذية العضوية كالغلوكوز لاصطناع مركبات عضوية أخرى. و ينتج عن جميع احتمالات مصادر الطاقة و الكربون هذه أربعة أحوال كبرى للتغذية (الجدول 1) و هي:

1- ذاتيات التغذية الضوئية Photoautotrophs : كائنات حية تقوم بعملية التركيب الضوئي، و تلتقط طاقة الضوء لتستخدمها في تسيير عملية اصطناع المركبات العضوية من ثاني أكسيد الكربون. و تعد السيانو بكتيريا، و غيرها من مجموعات كثيرة من بدائيات النوى ضوئيات التغذية تماما كالطحالب و النباتات.
2- ذاتيات التغذية الكيميائية Chemoautotrophs : تحتاج أيضا لثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون. لكنها بدل استخدام الضور مصدرا للطاقة، فإنها تؤكسد المواد

اللاعضوية ، كسلفيد الهيدروجين H2S و النشادر NH3 و أيونات الحديد الثنائي +FE2 و تنفرد بهذا الحال من التغذية بدائيات نوى معينة.

الجدول (1): الطرز التغذوية الرئيسة

طراز التغذية	مصدر الطاقة	مصدر الكربون	أنماط الكائنات الحية
تغذية ذاتية			
1- ذاتيات التغذية الضوئية	- الضوء	CO2	بدائيات نوى تقوم بالتركيب الضوئي (السيانو بكتيريا مثال عليها) النباتات، أوالي معينة (الطحالب).
2- ذاتيات التغذية الكيميائية	- المواد الكيميائية اللاعضوية	CO2	بعض بدائيات النوى مثال عليها السلفولوبوسSulfolobus
تغذية غيرية			
1- غيريات التغذية الضوئية	الضوء	مركبات عضوية	بعض بدائيات النوى (مثال عليها الرودوباكترRhodobacter و الخضراء المتموجة Chloroflexus.
2- غيريات التغذية الكيميائية	المركبات العضوية	المركبات العضوية	العديد من بدائيات النوى (مثال عليها المطثيةClostridium) و الأولانيات و الفطريات و الحيوانات و بعض النباتات

3- غيريات التغذية الضوئية Photoheterotrophs: تستخدم الضوء مصدرا للطاقة و مع ذلك يتوجب عليها الحصول على الكربون في شكله العضوي، و يستخدم هذا الاسلوب من التغذية عدد من بدائيات النوى البحرية.

د. حسان حسن

4- غيريات التغذية الكيميائية Chemoheterotrophs: و يتوجب عليها استهلاك الجزيئات العضوية لتحصيل كل من الطاقة و الكربون. و يشيع هذا الطراز التغذوي بين بدائيات النوى و كذلك الأولانيات، و الفطريات و الحيوانات و حتى بعض النباتات الطفيلية.

7- العلاقات الاستقلابية مع الاكسجين

يتنوع الاستقلاب في بدائيات النوى حسب العلاقة مع الأكسجين أيضا إلى :

- هوائيات مجبرة Obligateaerobes تستخدم الاكسجين في التنفس الخلوي، و لا تستطيع النمو بدونه.
- لا هوائيات مخيرة Facultative anaerobes تستخدم الأكسجين إن وجد ، لكنها تستطيع النمو بواسطة التخمر في الأوساط اللا هوائية.
- لا هوائيات مجبرة Obligateanaerobes تتسمم بالاكسجين و تعيش بعض اللا هوائيات المجبرة على التخمر حصرا، بينما يستمد بعضها الآخر الطاقة الكيميائية من التنفس اللا هوائي anaerobic respiration، و الذي تستقبل فيه مركبات غير الاكسجين كأيونات النترات أو أيونات السلفات الالكترونات عند نهاية منحدر سلاسل نقل الالكترون.

8- الاستقلاب النتروجيني

يعد النتروجين أساسا لجميع الكائنات الحية في إنتاج الحموض الأمينية و الحموض النووية. و تعتبر حقيقيات النوى ذات قدرة محدودة على استخدام المركبات النتروجينية، بينما تستطيع بدائيات النوى استقلاب النتروجين في أشكال متنوعة جدا. فعلى سبيل المثال ، تحول بدائيات نوى معينة ، بما فيها البعض من السيانو بكتيريا، النتروجين الجوي إلى النشادر عبر عملية تدعى تثبيت النتروجين و بعدئذ تستطيع الخلايا اقحام هذا النتروجين المثبت في الحموض الآمينية و الجزيئات العضوية الأخرى.

و تعتبر السيانو بكتيريا المثبتة للنتروجين نظرا إلى طريقتها التغذوية أكثر الكائنات الحية اكتفاء بذاتها. فهي لا تحتاج في نموها سوى الضوء و الماء و النتروجين و ثاني أكسيد الكربون و بعض المعادن.

9- التنسيق الاستقلابي

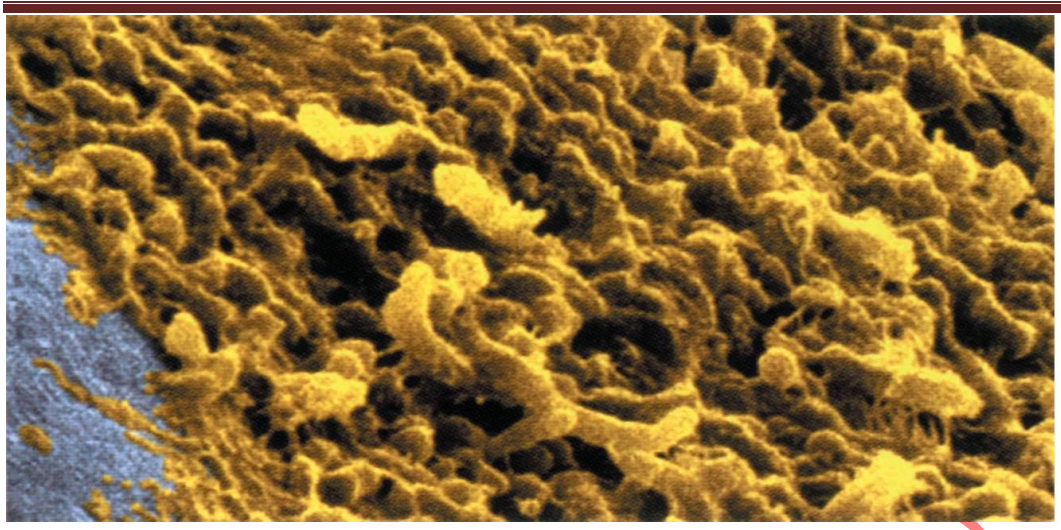
د. حسان حسن

يسمح التنسيق بين بدائيات النوى باستخدام الموارد البيئية التي تعجز الخلايا منفردة عن استخدامها. و في بعض الحالات، يحدث هذا التنسيق بين خلايا متخصصة في المستعمرة. فمثلا، ترمز جينات في السيانو بكتيريا الأنابينية لبروتينات من أجل عملية التركيب الضوئي و من أجل تثبيت النتروجين. لكن تعجز الخلية منفردة عن انجاز كلتا العمليتين في نفس الوقت. و السبب أن عملية التركيب الضوئي تنتج الأكسجين الذي يعمل على تثبيط الأنزيمات الداخلة في تثبيت النتروجين.

فتشكل الأنابينية مستعمرات خيطية بدل أن تعيش كخلايا منعزلة عن بعضها (الشكل10). تقوم معظم خلايا الخيط بعملية التركيب الضوئي فقط، بينما تقوم قلة من الخلايا المتخصصة تدعى الكيسات المتغايرة Heterocyst بتثبيت النتروجين فقط و تحاط الكيسات المغايرة بجدار خلوي ثخين يمنع دخول الأكسجين المنتج من الخلايا المجاورة في تبادل مع الكاربوهيدرات.

الشكل (10): التنسيق الاستقلابي في مستعمرة لبدائيات النوى، في السيانو بكتيريا الأنابينية الخيطية تعمل خلايا تسمى الكيسات المغايرة على تثبيت النتروجين، بينما تقوم الخلايا الأخرى بالتركيب الضوئي، تتواجد الأنابينية في كثير من بحيرات الماء العذب.

يحدث التنسيق الاستقلابي في بعض أنواع بدائيات النوى في الغلاف السطحي للمستعمرات و الذي يعرف بالفيلم الحيوي (الشكل 11). تفرز خلايا المستعمرة جزيئات اشعارية (جزيئات التأشير) تمتد إلى الخلايا المجاورة، فينتج عنها نمو المستعمرة. و كذلك، تنتج الخلايا بروتينات تلصق الخلايا مع الركيزة و مع بعضها البعض.



الشكل (11): الفيلم الحيوي Biofilm ، إن الكتلة الصفراء هي عبارة عن لويحة سنية، و هي عبارة عن رقاقة حيوية تتشكل على سطوح الأسنان.

و تسمح القنيوات في الفيلم الحيوي بوصول الأغذية إلى داخل الخلايا، و طرح الفضلات منها. تتعاون بدائيات النوى المنتمية إلى مختلف الأنواع أيضا. فمثلا، تتعايش البكتيريا المستهلكة للسلفات مع الأركيا المستهلكة للميتان في تجمعات كروية الشكل في قاع المحيط. و يبدو أن البكتيريا تستخدم نواتج فضلات الأركيا، كالمركبات العضوية و الهيدروجين.

و تقوم البكتيريا بدورها بإنتاج مركبات تسهل استهلاك الأركيا للميتان. و إن لهذه المشاركة نتائج كونية: ففي كل سنة، تستهلك هذه الأركيا ما يقدر بثلاثمائة مليار كيلو غرام من الميتان، المسهم الأكبر في تأثير البيت الزجاجي.

د. حسان حسن