

بدائيات النوى (2) Prokaryotes

1- استكشاف المجموعات الرئيسية من البكتيريا

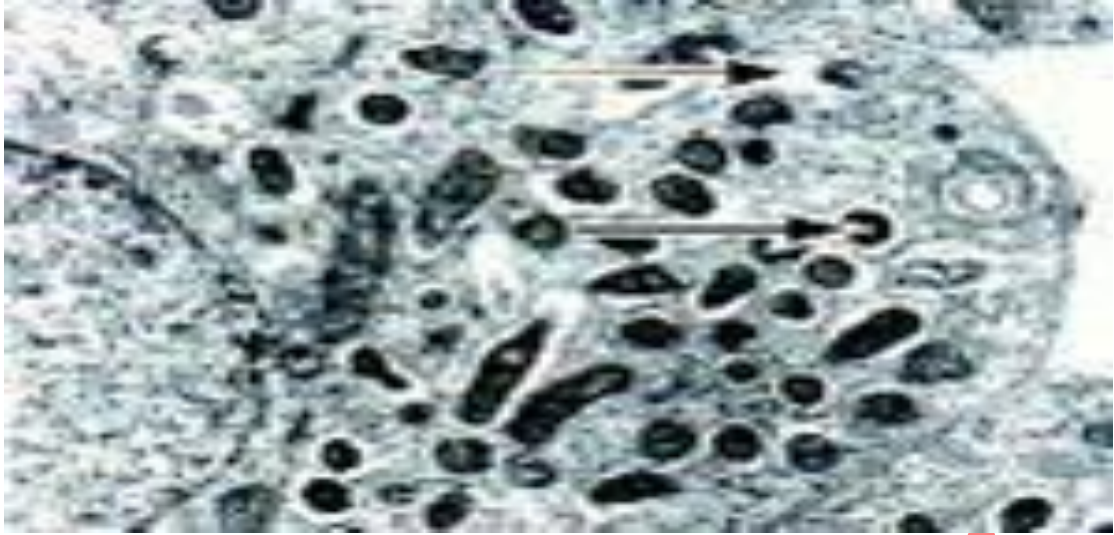
تضم البكتيريا الأغلبية الواسعة لبدائيات النوى التي يخشاها أكثر الناس، من أنواع ممرضة ينتج عنها التهاب الحلق و أمراض أخرى إلى أنواع نافعة تستخدم لصناعة الجبنة السويسرية. و تتظاهر في البكتيريا جميع الأنماط الأساسية للتغذية و الاستقلاب، و حتى المجموعة التصنيفية الصغيرة للبكتيريا قد تحتوي أنواعا تبدي الكثير من الأنماط المختلفة للتغذية.

إن أهم المجموعات الرئيسية من البكتيريا هي:

1- البروتيوبكتيريا Proteobacteria: تتضمن هذه الزمرة الواسعة و المتنوعة من البكتيريا سلبية الغرام ، ذاتيات التغذية الضوئية، و كيميائيات التغذية، و غيريات التغذية. و إن بعضا من البروتيوبكتيريا لا هوائي و البعض الآخر هوائي. و قد وصل علماء التصنيف الجزيئي في الوقت الحاضر الى تمييز خمس تحت مجموعات من البروتيوبكتيريا و هي:

أ- تحت مجموعة البروتيوبكتيريا ألفا Alpha: ترتبط العديد من الأنواع في تحت المجموعة هذه بشكل مباشر مع مضيفات حقيقية النوى. فعلى سبيل المثال، تعيش في عقد ضمن جذور البقوليات (نباتات عائلة الفول/البازلاء) حيث تحول النتروجين أنواع الريزوبيوم الجوي إلى مركبات تستخدمها النباتات المضيغة في اصطناع البروتينات.

و تنتج أنواع من جنس الأكروبيكتريوم أوراما في النباتات، و يستخدم مهندسو الوراثة هذه البكتيريا في تحميل جينومات نباتات المحاصيل ب DNA غريب (الشكل 12).



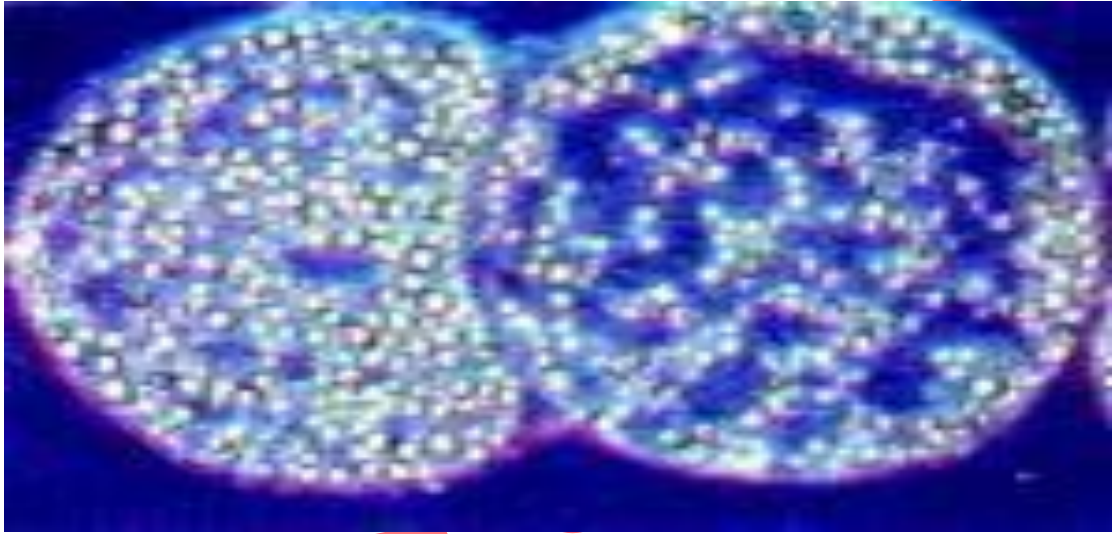
الشكل (12): الريزوبيوم (الأسهم)، داخل خلية جذر بقل (الفول)

ب-تحت مجموعة البروتيوبيكتيريا بيتا Beta : تتضمن تحت هذه المجموعة المتنوعة في تغذيتها النتروزوموناس nitrosomonas ، و هي جنس من بكتيريا التربة التي لها دور كبير في إعادة تجديد النتروجين عبر أكسدةها للنشادر NH_4 و إنتاج النتريت NO_2 في فضلاتها (الشكل 13).



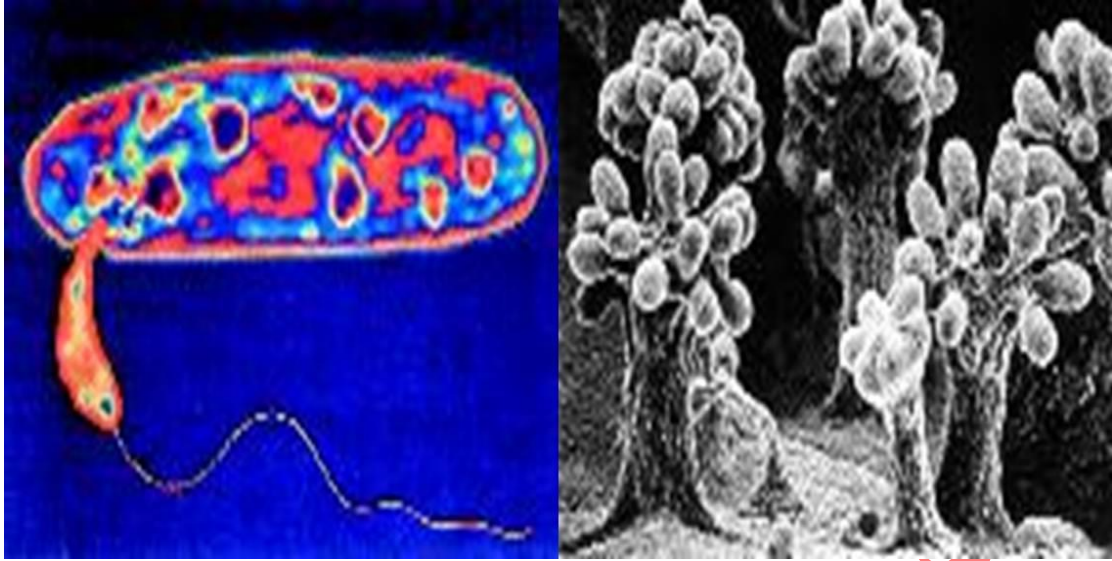
الشكل (13): النتروزوموناس

ث-تحت مجموعة البروتيوكتيريا غاما Gamma : و تتضمن البكتيريا الكبريتية مثل الكروماتيوم و التي تحصل على الطاقة عبر أكسدةها H_2S و إنتاجها الكبريت في فضلاتها (الشكل 14). و تعتبر بعض غيريات التغذية في البروتيوكتيريا غاما عوامل ممرضة فمثلا، تسبب الليجيونيلا Legionella (الفيلقية) داء الليجيونيلا (الفيلقيات)، و السلمونيلا مسئولة عن بعض حالات التسمم الغذائي و تتسبب ضمات الكوليرا بداء الكوليرا. بينما تعد الايشيرشيا القولونية E. coli من المستوطانات المعروفة في أمعاء الإنسان و بعض الثدييات الأخرى، و لا تكون ممرضة في الغالب.



الشكل (14): الكروماتيوم، الكريات الصغيرة هي عبارة عن فضلات كبريتية

ث-تحت مجموعة البروتيوكتيريا دلتا Delta: تتمن تحت المجموعة هذه البكتيريا المخاطية Myxobacteria (الشكل 15)، التي تشكل مستعمرات معقدة. فعندما تجف التربة، و ينضب الغذاء، تحتشد الخلايا لتشكل جسما مثمرا تنطلق منه أبواغ مقاومة. و تصبح الأبواغ فعالة، و تؤسس مستعمرات جديدة في البيئات الفضلى. و البديلوفيريبوس من البروتيوكتيريا دلتا التي تهاجم غيرها من البكتيريا، و هي تلحق فريستها بسرعة 100 ميكرومتر في الساعة، ثم تخرق الفريسة بحركة مغزلية تبلغ 100 دورة في الثانية الواحدة.



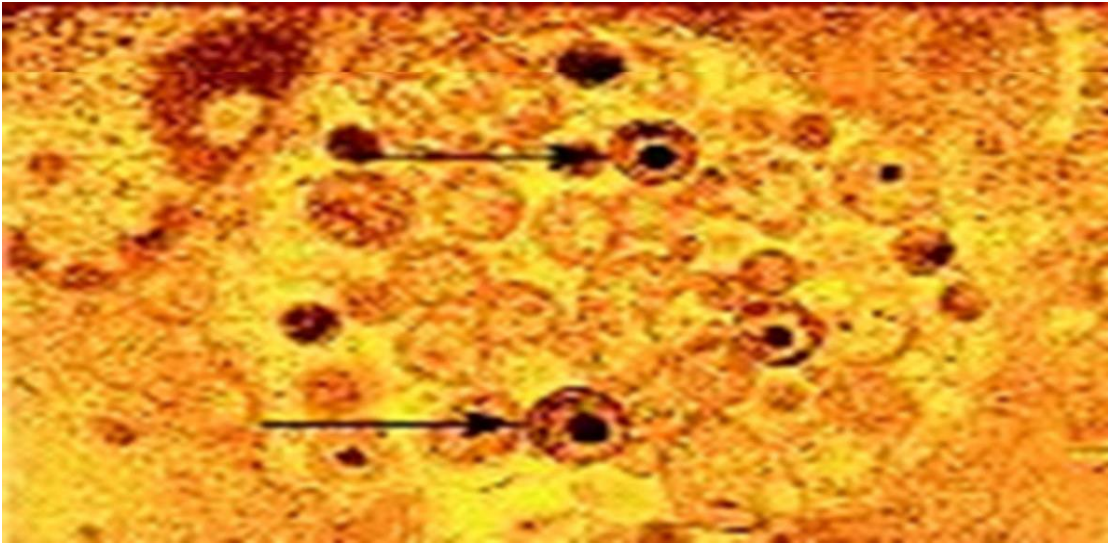
الشكل (15): - الأجسام الثمرية للميكسوباكثيروس، - البكتيريوفوروس

ج- تحت مجموعة البروتيوبكتيريا ايبسيلون Epsilon : معظم أنواع تحت المجموعة هذه ممرضة للإنسان أو الحيوانات. و تتضمن البروتيوبكتيريا ايبسيلون الكامبيلوبكتر *Campylobacter* التي تسبب انسمام دموي و التهابا معويًا، و الهليكوباكتر (الملوية) البوابية *Helicobacter pylori* التي تسبب قرحات معدية (الشكل 16).



الشكل (16): الهليوباكتر البوابية

2- الكلاميديات (المتدثرات) Chlamydias : يمكن لهذه الطفيليات أن تحيا في خلايا الحيوان فقط، معتمدة في مصادرها الأساسية كال ATP على مضيفاتها. و تتفرد الجدر ايجابية الغرام للكلاميديات في أنها لا تحتوي على الببتيدوغليكان. و من أحد أنواعها، المتدثرات الحثرية Chlamydia trachomatis التي هي أشيع سبب للعمى في العالم (الشكل 17)، و تسبب أيضا التهاب الاحليل غير السيلاني Nongonococcalurethritis و هو أشيع داء منتقل بالجنس في الولايات المتحدة.



الشكل (17): الكلاميديا (المتدثرة) (الأسهم) في خلية حيوانية.

3- السبيروكيتات (الملتويات) Spirochetes (الشكل 18): تتلويب غيريات التغذية الحلزونية هذه في أوساطها بواسطة خيوط داخلية دوارة شبيهة بالسياط. و تعيش الكثير من الملتويات حرة. لكن بعضها الآخر طفيليات ممرضة سيئة كالتولبيات الشاحبة Treponema pallidum التي تسبب مرض السفلس (الزهري Syphilis) و البرولية البور غدورفيرية Borreliaburgdorferi التي تسبب داء لايم Lyme disease.



الشكل (18):ليبىتوسبيرل (البريمية) *Leptospira* من سبيروكيت (الملتويات).

4- البكتيريا ايجابية الغرام Gramme- positive: تضاهاي البكتيريا ايجابية الغرام البروتيو بكتيريا في تنوعها. و تشكل أنواع واحدة من تحت المجموعة هي الأكتينوميست (الشعيات) *Actinomycetes myk* و تعني فطر، مستعمرات تحتوي على سلاسل خلوية متفرعة. و يسبب نوعان من الشعيات مرضي السل و الجذام. غير أن أكثر أنواع الشعيات تعيش حرة لتساعد في تحليل المواد العضوية في التربة، فمفرزاتها مسئولة نسبيا عن الرائحة "الترابية" للتربة الخصبة.

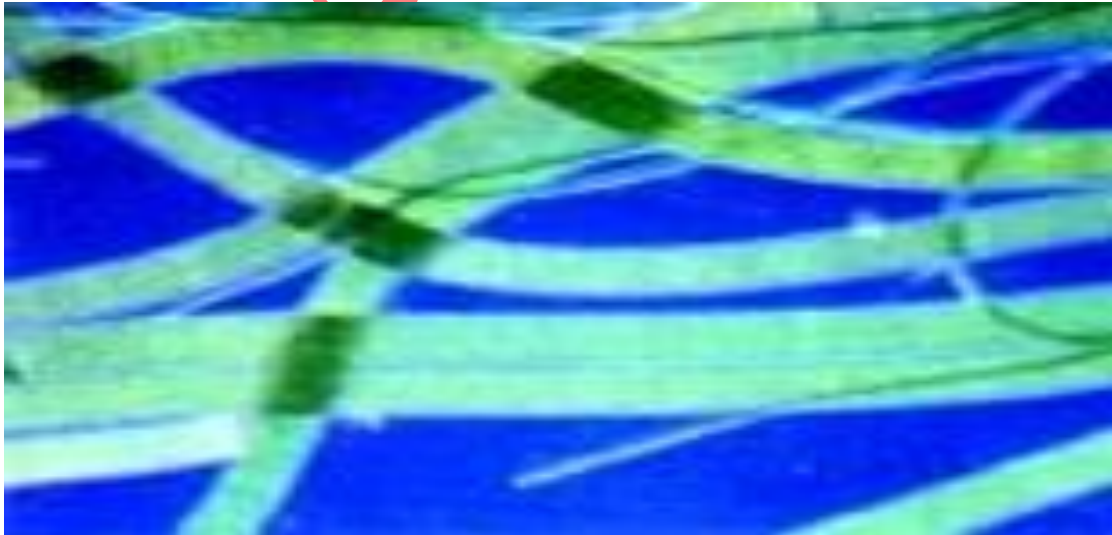
و تعتمد مصانع الأدوية الى استنبات الأنواع القاطنة في التربة من جنس الستربتوميسيس (المتسلسلة) *Streptomyces* كمصدر للكثير من المضادات الحيوية Antibiotics بما فيها الستربتوميسين *Streptomycin* (الشكل 19). و بالإضافة للشعيات المستعمرة، تشتمل البكتيريا ايجابية الغرام على أنواع مفردة عديدة كالعصوية الجرمية *Bacillus anthracis* التي تسبب داء الجمره و المطثية الوشيقية *Clostridium botulinum* التي تسبب التسمم الوشيق. و الأنواع المتعددة من القديات و العنقوديات هي أيضا بكتيريا ايجابية الغرام.



الشكل (20): الستريبتومييس (المتسلسلة) و هي مصدر للكثير من المضادات الحيوية.

5- السيانوبكتيريا Cyanobacteria: تعتبر ذاتيات التغذية الضوئية هذه بدائيات النوى الوحيدة التي تولد الأكسجين بعملية تشبه التركيب الضوئي في النبات. و تتوفر كل من السيانو بكتيريا المستعمرة أو المفردة حيثما وجد الماء، إذ تزود المنظومات البيئية البحرية و المائية العذبة بكميات هائلة من الطعام. و تحتوي بعض المستعمرات الخيطية على خلايا متخصصة في تثبيت النتروجين، تلك العملية التي تحول النتروجين الجوي إلى مركبات يمكنها أن تتحد في بروتينات و جزيئات عضوية أخرى (الشكل 21).

6-



الشكل (21): نوعان من أوسيلاتوريا Oscillatoria سيانو بكتيريا خيطية.

2- التأثير النافع و الضار لبدائيات النوى على الانسان

تميل أكثر بدائيات النوى شهرة لتكون تلك المسببة لأمراض الإنسان، لكن هذه العوامل الممرضة لا تشكل سوى جزءا صغيرا من أنواع بدائيات النوى. فالعديد من بدائيات النوى الأخرى تتأثر بشكل ايجابي مع الإنسان، حتى أنها تستخدم كأدوات أساسية في الزراعة و الصناعة.

بدائيات النوى الممرضة

لحقت السمعة السلبية (السيئة) ببدائيات النوى من أنواعها المتطفلة على الإنسان. فبدائيات النوى تتسبب بحوالي نصف مجمل أمراض الإنسان. و في كل عام يموت ما بين مليونين إلى ثلاثة ملايين شخص بمرض السل الرئوي، الذي تسببه عصيات الميكروباكتيريا (المتفطرات السلية Mycobacterium tuberculosis) و كذلك يموت مليونين آخرين جراء أمراض الاسهالات المختلفة التي تسببها بدائيات نوى أخرى.

يعد داء لايم Lyme disease أكثر الأمراض المحمولة بالهوام Pest- carrie انتشارا في الولايات المتحدة (الشكل 22). و سببه بكتيريا يحملها القراد ticks الذي يتواجد على الغزلان و الفئران الحقلية. و يمكن لداء لايم ان لم يعالج أن يسبب التهاب مفاصل موهنا، و مرضا قلبيا، و اضطرابات عصبية.

تحدث بدائيات النوى الممرضة المرض عادة بانتاجها السموم، و التي تصنف الى ذيفانات خارجية و ذيفانات داخلية. و الذيفانات الخارجية Exotoxins هي بروتينات تفرزها بدائيات النوى. تنتج الهیضة Cholera (داء اسهالي خطير) عن ذيفانات خارجية تطلقها بروتيو بكتيريا ضمة الهیضة .vibrio cholera



الشكل (22): داء لايم: ينشر اللبود Ixodes من جنس القراد المرض بنقله سبيروكيت (ملتويات) Spirochete بـورليةبور غـدور فيريBorrelia burgdorferi. يظهر طفح واسع حلقي الشكل في موضع عضة القراد كما تبين صورة ساق شخص مصاب.

تعمل هذه الـذيفانات على تحريض الخلايا المعوية على اطلاق أيونات الكلور إلى لمعة الأمعاء، فيتبعها الماء بالأزمولية. و يمكن للذيفانات الخارجية أن تحدث مرضا حتى و ان غابت بدائيات النوى المصنعة لها. فمثلا، ينتج داء الانسمام الوشيقي القاتل عن الـذيفان الوشيقي، و هو ذيفان خارجي تفرزه بكتيريا ايجابية غرام عندما تخمر الأطعمة تدعى المطثيات الوشيكية Clostridium botulinum المعلبة بشكل غير ملائم.

أما الـذيفانات الداخلية endotoxins فهي مكونات عديد السكريد الشحمي lipopolysaccharide للغشاء الخارجي للبكتيريا سلبية الغرام. و بخلاف الـذيفانات الخارجية، لا تنطلق الـذيفانات الداخلية إلا بعد موت البكتيريا أو هدم جدرانها الخلوية. و تعد جميع الأنواع تقريبا من جنس السالمونيلا Salmonella أمثلة على البكتيريا المنتجة للذيفانات الداخلية و التي لا تتواجد في الأحوال الطبيعية عند الحيوانات السليمة. و تسبب السالمونيلا التيفية الحمى التيفية typhoid fever، و كذلك الكثير من أنواع السالمونيلا الأخرى، و كثيرا ما يتواجد بعضها في الدواجن مسببة التسمم الغذائي.

منذ القرن التاسع عشر، و التحسينات في الإصحاح في العالم المتحضر تقلل من مخاطر بدائيات النوى الممرضة. فلقد أنقذت المضادات الحيوية الكثير من الأرواح، و قللت من وقوع الأمراض. و مع ذلك، نشأت حديثا المقاومة للمضادات الحيوية في كثير من سلالات بدائيات النوى. إن سرعة تناسل بدائيات النوى يمكن جيناتها التي تمنح المقاومة من التضاعف بسرعة من بين جماعات بدائيات النوى كنتيجة للاصطفاء الطبيعي، و تستطيع هذه الجينات أن تنتشر إلى الأنواع الأخرى عبر النقل الجيني horizontal genetransfer .

يستطيع النقل الجيني الأفقي نشر الجينات بصحبة الفوعة virulence محولة بدائيات النوى غير الضارة في الحالة الطبيعية الى عوامل ممرضة قاتلة. فمثلا، الايشيرشيا القولونية في أحوالها العادية معاش غير ضار في أمعاء الإنسان، لكن نشأت عنها سلالات ممرضة تسبب إسهالا مدمى. و إن واحدا من أخطر هذه السلالات يدعى O 157: H7، لفت انتباه العلماء و هو يحمل اليوم تهديدا عالميا، اذ يوجد كل عام في الولايات المتحدة و حدها 75000 حالة من العدوى ب O 157: H7 و أكثرها ناتج عن لحم البقر الملوث.

و في سنة 2001، قام فريق علماء عالمي بسلسلة جينوم ال O 157: H7 و قارنوه مع جينوم سلالة غير ضارة من الايشيرشيا القولونية تدعى ب k- 12 و اكتشفوا أن 1387 من أصل 5416 جين في ال O 157: H7 لا تتطابق مع ذلك في ال k- 12 فهذه ال 1387 جينا لا بد و أنها اندمجت في جينوم ال O 157: H7 عبر النقل الجيني الأفقي، و يتم ذلك على الأغلب بفعل ملتهومات البكتيريا (العائيات) Bactriophage.

و يصاحب الكثير من الجينات المستوردة الغزو البكتيري للمرض للمضيف و مثال عليها، بعض الجينات التي ترمز لذيقات خارجية تمكن ال O 157: H7 من الالتصاق بجدار الأمعاء و استخلاص العناصر الغذائية.

تشكل بدائيات النوى الممرضة تهديدا كامنا كأسلحة إرهابية حيوية. ففي تشرين الأول من عام 2001، وجدت الأبواغ الداخلية لعصيات الجمرة المسببة لداء الجمرة الخبيثة في مغلفات أرسلت الى أعضاء في وسائل الإعلام و مجلس الشيوخ الأمريكي. و قد أحدثت ثمانية عشرة حالة من الجمرة الخبيثة، و مات اثرها خمسة. و من بدائيات النوى الأخرى المرشحة لتكون أسلحة: المطثيات

الوشيقية، و اليرسينيا الطاعونية *Yersinia pestis* التي تسبب الطاعون. و لقد حث التهديد على تكثيف البحث في أنواع بدائيات النوى الممرضة.

ففي أيار من عام 2003، نشر باحثون في معهد الأبحاث الجينية لماريلاند الجينوم الكامل لسلالة عصية الجمرة التي استخدمت في هجمات تشرين الأول 2001، على أمل تطوير لقاحات و مضادات حيوية جديدة.

3- بدائيات النوى بين البحث و التقنية

إذا نظرنا بإيجابية، وجدنا أنفسنا نجني منافع كثيرة من المقدرات الاستقلالية لبدائيات النوى. فمثلاً، منذ أمد طويل و الانسان يستخدم البكتيريا لتحويل الحليب إلى جبن و لبن رائب. و في السنوات الأخيرة، قاد ازدياد فهمنا لبدائيات النوى الى ثورة في التطبيقات الجديدة للتقانة الحيوية. و من أهم هذه التطبيقات نذكر:

- يعد استخدام الايشيرشيا القولونية في الاستنساخ الجيني،
- و الأكروبتريوم المورمة *Acrobacterium tumefaciens* في إنتاج نباتات طافرة transgenic (بالنقل الجيني).
- تعد بدائيات النوى عوامل أساسية في العلاج الحيوي Bioremediation و في إزالة الملوثات من التربة أو الهواء أو الماء فمثلاً، تقوم البكتيريا اللاهوائية و الأركيا بتفكيك المادة العضوية في المياه الآسنة، محولة إياها إلى مادة يمكن استخدامها كنفائات دفيئة أو أسمدة بعد تعقيمها كيميائياً.
- تشمل تطبيقات المعالجات الحيوية الأخرى تحطيم النفائات المشعة و تنظيف التسربات النفطية (الشكل 23).



الشكل (23): المعالجة الحيوية للتسربات البترولية، يرش العاملون الأسمدة على الشاطئ المثلث بالنفط في ألاسكا. تحرض الأسمدة نمو بكتيريا متوطنة تباشر بهدم النفط، تسرع عملية التحطيم الطبيعية خمس مرات.

- تساعد بدائيات النوى في الصناعات المعدنية في استرجاع المعادن من خاماتها. ففي كل سنة، تسهم البكتيريا في استخراج أكثر من ثلاثين مليار كيلو غرام نحاس من سلفيد النحاس.
- بتسخيره بدائيات نوى أخرى قادرة على استخلاص الذهب من خاماته، يقوم أحد المصانع في دولة غانا الإفريقية بمعالجة مليون كيلو غرام من ركازة الذهب كل يوم، بما يعادل نصف المبادلات الأجنبية لغانا.
- و عبر الهندسة الجينية، استطاع الإنسان في وقتنا الراهن تعديل بدائيات النوى لنتج الفيتامينات، و المضادات الحيوية، و الهرمونات و غيرها من المنتجات.
- ان واحدة من أكثر الأفكار أصالة في تعديل بدائيات النوى أتت على يد كريك فينتير أحد قادة مشروع الجينوم البشري و الذي أعلن هو و زملاؤه أنهم على وشك بناء "الصبغيات الصناعية" لبدائيات النوى، لينتج عن ذلك أنواعا جديدة بأكملها من لا شيء. و يأمل فنتير بتصميم بدائيات النوى القادرة على انجاز مهام خاصة، كانتاج كميات كبيرة من الهيدروجين لتقليل الاعتماد على الوقود المستحاثي (الفسلي).

تعود الفائدة الكبيرة لبدائيات النوى من تنوع أشكال تغذيتها و استقلالها. و لقد نشأت جميع هذه التنوعات الاستقلابية قبل ظهور المستجديات البنيوية لتعلن نشأة الكائنات الحية حقيقية النوى.