البيئات المتطرفةExtreme Environment

ان البيئات المتطرفة مهمة جدا لعلماء الاحياء المجهرية في البيئة حيث ان مثل هذه البيئات تأوي احياء مجهرية نادرة ومهمة جدا.

هناك العديد من المنظمات العالمية التي تعني بدراسة الاحياء المجهرية في البيئات المتطرفة منها

1. European Science Foundation (ESF)المؤسسة العلمية الاوربية
2. US National Science Foundation (NSF) المؤسسة العلمية الدولية

ان وجود هذه المؤسسات هو لتقديم المعرفة بمايختص بالاحياء المجهرية في هكذا بيئات وذلك لحماية هذه الانظمة البيئية ولمعرفة التغايرات والتنوعات التي تحدثها الاحياء المجهرية وامكانية استخدامها في مجال التقنية الحيوية والمجالات الطبية.

ان مجتمعات الاحياء المجهرية في البيئات المتطرفة قد تأقلمت مع هذه البيئات الى مستوى عالي فمن طرق التأقلم هي تطوير طريقة لتحليل الملوثات في بعض المناطق المتطرفة مثل مخلفات المناجم الحامضية والمخلفات الاشعاعية كما انها طورت انظمة انزيمية تتناسب الاس الهيدروجيني والحرارة المتطرفة.

كما ان هذه المجتمعات تقدم فكرة لفهم التاريخ التطوري للتغيرات المناخية في المستقبل .

تم اختيار خمس بيئات متطرفة مختلفة لوصفها وتشمل الحرارة المرتفعة والمنخفضة وارتفاع نسبة الاشعاع فوق البنفسجي والجفاف والاس الهيدروجيني المنخفض.

بيئات الحرارة المنخفضة Low temperature environment

McMurda dry valley ,Antarctica

يظهر هذا الوادي نظام بيئي بارد وجاف .ان معدل حرارة الجو هو -27.60C وحرارة التربة -27.10C ان النظام البيئي عبارة عن بحيرة متجمدة على طول السنة وسمك الجليد 3-5 متر .ان وجود هذه الطبقة الدائمة من الجليد تعطي صفات للبحيرة منها

1. اختزال امتزاج الرياح المتحركة والذي يؤدي الى اختزال مستوى حركة الجزيئات.
2. اختزال التبادل الغازي المباشر بين الماء والهواء.
3. اختزال اختراق الضوء
4. اختزال ترسب الرواسب الى عمود الماء.

ان طول وقت الامتزاج ادى الى بقاء بعض المركبات بشكل متدرج في عمود الماء لمدة 20000سنة قبل ان تنتشر .ان صفات النظام البيئي للبحيرة تنظم عن طريق الاندماج الفصلي للعمليات الناتجة عن فعالية الاحياء ذاتية التغذيية الضوئية photoautotrophic وغير ذاتية التغذية heterotrophic مؤديا الى حدوث دورة شمسية غير طبيعية (اربع اشهر ضوء واربع اشهرظلام يتخللها وجود الشفق),وهذه البحيرة تخضع لدراسة NSF حيث الدراسات بينت ان التحليلات الجيوكيميائية لعمود الماء تظهر وجود الاوكسجين بعمق 10 متر ووجود تدرج كبريتيدي يتراوح مابين صفر في منطقة ما بين الماء والثلج ice water interface لتصل الى اكثر من 1 mM S-2 على سطح الرواسب sediment. كما ان تركيز الكبريتات sulfate يصل الى اكثر من 1.5 mM تحت طبقة chemocline (تعرف الchemocline بانها المنطقة التي تقع بين منطقتين مختلفتين كيميائيا في عمود الماء ) ففي هذه البحيرة هناك تداخل بين منطقتين احدهما غنية بالاوكسجين والاخرى شحيحة . وهذا التدرج يقترح وجود دورة للكبريت فلهذا قامت البحوث بدراسة التنوع الميكروبي لبكتريا photoautotrophic purple bacteria وبكتريا sulfur chemotroph وبكتريا heterotrophic sulfate reducer فمثلا وجد ان عدد البكتريا المؤكسدة للكبريت تصل الى اعلى من 200 cells /ml على عمق 9.5 متر حيث يكون كل من الاوكسجين والكبريت مذاب في عمود الماء . اغلب البكتريا المعزولة مشابهة الى *Thiobacillus thioporus* المؤكسدة للكبريت .وفي هذه البحيرة تصنف البكتريا بانها psychrotolerent حيث تستطيع هذه البكتريا النمو في درجات حرارة اقل من -2 0C .

اضافة الى التدرج الكبريتيدي هناك تدرج في الميثان يبدأ بالعمق 12 متر ويزداد الى 1mM على سطح الرواسب وهذا يظهر وجود دورة للميثان ووجود احياء تكون methanogenic and methanotrophic .

كيف يحصل تأقلم للاحياء المجهرية مع الجو البارد؟؟

الجواب : ان قابلية هذه الاحياء على مقاومة البيئات الباردة يتطلب تاقلم خاص لكي تتمكن من العيش في هذه البيئات فمثلا تقوم هذه البكتريا بتحرير انزيمات متكيفة مع البيئات الباردة فتكون مرنة في الجو البارد مقارنة مع الجو الحار حيث ان هذه الانزيمات تكون مرنة في البيئات الباردة ولكنها تفقد مرونتها مع ارتفاع درجات الحرارة .كما ان التنفاعلات الانزيمية تحتاج طاقة اقل في الحرار ة المنخفضة .وقد استخدمت هذه الانزيمات في العديد من الصناعات ومن هذه الانزيماتβ- galactosidase , cellulose , α- amylase, protease, lipase .

بيئات الحرارة المرتفعة High temperature environment

(الينابيع الحارة) Geothermal hot spring

في متنزه yellow stone الدولي في الولايات المتحدة توجد حوالي 10000 صفة جيوحرارية نادرة ,حيث تحتوي على مدى واسع ومتغير من الحرارة والاس الهيدروجيني والتشكيلات الجيوحرارية .وقد تناولت الدراسات المختلفة هذه المنطقة مثلا بكتريا *Thermus aquticus* والتي عزل منها انزيم الـpolymerase الذي يستخدم في تقنيات الـ PCR (polymerase chain reaction) ان هذه البكتريا محبة للحرارة المتطرفة ولها القدرة على النمو في درجة حرارة بين 40 0C و 79 0C (المثلى 70 0C) .ان الينابيع الحارة تصل درجة حرارتها الى 100 0C وممكن ان تستوطنها البكتريا المحبة للحرارة المتطرفة hyperthermothermophilic مثل *Pyrolobus fumarii* وهي archae bacteria تتحمل حرارة تصل الى 1130C .من الاجناس التي وجدت في هذه البيئات *Thermus , Methanobacterium , Sulfolobus* .

المجموعة الاولى تتكون من مجموعتين تتنفس الكبريت sulfur respiring archae وهي *Caldisphaera draconis ,* وهذه البكتريا مختزلة للكبريت ولكنها لاتختزل الكبريت الحر (عنصر الكبريت ) بل تختزل الكبريت الموجود على شكل polysulfide S-S-S-S-S ولكن الكبريت المتعدد غير متوفر في الينابيع بل يوجد على شكل S-2 ,S0 ولكن هذه البكتريا لها القدرة على تحويل الكبريت الى الشكل المتعدد بطريقة غير معروفة لحد الان.

المجموعة الثانية تتالف من البكتريا المؤكسدة للكبريت وهي chemoautotroph تتمثل بجنس *Hydrogenobaculum*  .

هناك العديد من الميكانيكيات التي تستخدمها الاحياء المجهرية للتاقلم مع البيئات المتطرفة حيث ان الحرارة العالية تحطم البروتين والغشاء الخلوي والمادة الوراثية للبكتريا الاعتيادية .

ان الغرض الاساسي من ميكانيكيات التاقلم هو الحفاظ على الاستقرار الجزيئي molecular stability والمرونة التركيبية structural flexibility .واهم ميكانيكيات التاقلم هي :-

1. وجود بروتين chaperonins وهوثابت تجاه الحرارة حيث يقوم بتغطية وخزن البروتينات الاخرى ويحميها من التحطم بالحرارة.
2. زيادة disulfide bridges بين البروتينات.
3. زيادة التفاعلات بين الببتيدات الاروماتية .
4. زيادة الاواصر الهيدروجينية بين الببتيدات.
5. اختلاف تركيب الغشاء البلازمي .
6. وجود انزيم الDNA gyrase في الاحماض النووية والذي يزيد من التوائاتها (supercoild )وبالاخص DNA.

البيئات الجافة وذات الجهد فوق البنفسجي Arid &V light stress Environment

The Atacama desert ,chile

تظهر الصحاري بيئات جافة باردة وحارة . ان هذه الظروف المتطرفة تحدد وبشدة الانتاج الاولي وبالتالي التنوع الاحيائي .ان العوامل التي تحدد التواجد الميكروبي هي :-

1. توفر الماء
2. الحرارة
3. كمية الاشعاع فوق البنفسجي

ان الصحاري الجافة arid desert تتميز بان معدل هطول الامطار في السنة يصل الى 25-200 ملمتر بينما الصحاري شديدة الجفاف فيصل معدل هطول الامطار فيها الى اقل من 25 ملمتر .

ان كمية الماء المتوفرة لايحددها هطول الامطار فقط وانما كمية المياه المترسبة precipitation (P) ومعدل التبخر الناتج عن عملية التنفس potential evapotranspiration (PET) ففي المناطق شديدة الجفاف تكون نسبة P/PET اقل من 0,05

من الامثلة على الصحاري الجافة هي صحراء Atacama في شيلي ففي هذه الصحراء تمر عقود من الزمن دون هطول الامطار فلذلك تكون هناك ندرة في النباتات او قد تكون معدومة فيكون هناك نقص في الكربون العضوي والنيتروجين.

هناك دراسة حول الاحياء المجهرية في هذه البيئة عن مجموعة من البكتريا والتي تسمى lithic microorganism وهي الاحياء التي تعيش بين الصخور وتكون ذاتية التغذية ضوئية photoautotrophic وهي مجموعة nitrogen fixing cyanobacteria

حيث تعيش داخل الثقوب الموجودة في الصخور منها صخور الكرانيت والجبس واللايمستون والكوارتز والساندستون. وتشمل هذه البكتريا مجموعتين هي hypolithicوهي التي تستوطن اسطح الصخور و endolithic وهي التي تستوطن الفراغات بين الصخور حيث تتجمع قطرات الماء بين الثقوب وتتشتت الاشعة فوق البنفسجية واهم انواع البكتريا الموجودة هي *Chrococcidiopsis* .

في هذه البيئات لاتستطيع البكتريا التكيف والتكاثر بسبب تأثير الاشعاع والجفاف ولكنها تستطيع مقاومة الجفاف وهذا التطرف للاسباب التالية :

1. قدرتها على حماية اصلاح الDNA المتعرض للاشعة فوق البنفسجية
2. الحفاظ على استقرارية البروتين في الجفاف
3. الحفاظ على سلامة اغشيتها

من ميكانيكيات التكيف لبكتريا الcyanobacteria هو تكوين غلاف او غطاء خارج خلوي extracellular polysaccharide (EPS) هذا الغطاء ينظم اخذ وفقدان الماء ويساعد على حركة مكونات الخلية حسب الظروف البيئية ويحمي الخلية خلال انكماشها وانتفاخها .كما تتكون العديد من المركبات داخل هذا الغطاء كاستجابة للجفاف وللاشعة فوق البنفسجية من هذه المركبات mycosporine like amino acid, detoxifying enzymes, carotinoides, scytonemin.

Environment based on Chemoautotrophes

Deep sea hydrothermal vents

في هذه المناطق العميقة من البحار تكون درجات الحرارة عالية جدا تصل الى اكثر من 400 درجة مئوي كما تتميز بعدم وجود الاوكسجين وعالية الاختزال وذات حامضية (2-4)pH وغنية بالعناصر والمركبات التالية Cu+2, Zn+2,Fe+2 , H3,H2S, CO2 . ان خر وج الماء من هذه المنطقة الحارة الحامضية وملاقاتها لمياه البحرالباردة سوف تتكون غيمة معتمة من المعادن المترسبة وتسمى هذه الغيمة black smokers حيث تترسب فيها العناصر الواهبة والمستلمة للاكترونات وبالتالي سوف توفر المادة الغذائية للبكتريا.

Acidic Environment

Acid mines drainage

على الرغم من وجود بئات حامضية في الطبيعة مثل بعض الينابيع الحارةالا ان تصريف المناجم الحامضية تكون افضل مثال على البيئات الحامضية المتطرفة . ان التنجيم المعدني عادة يركز على بعض المركبات مثل الpyrite (FeS2) المترسب الذي يح وي على مجموعة من المعادن كالذهب والفضة والنحاس والزنك والرصاص التي تدخل في تكوين المركبات الكبريتيدية المعدنية مثل CuS, Zns وغيرها.

عند تعرض هذه المعادن الكبريتيدية الى الماء والهواء ينتج عنها تكوين الحوامض وفي المواقع التي يكثر فيها الماء يؤدي الى تكوين acidic leachate مصافي حامضية يكون الاس الهيدروجيني اقل من 2 وفي بعض الاحيان تكون عالية السمية وتسمى هذه المصافي بـ acid mine drainage (AMD) وعلى الرغم من زيادة المعادن السامة وارتفاع الحامضية وارتفاع درجة الحرارة والتركيز العالي من sulfate فهناك العديد من الاحياء المجهرية التي تستوطن AMD .

باستخدام التجارب المعتمدة على تحليل الDNA مثل تقنية Metagenome technique (وهي تقنية وضعت عام 1998 لوصف كل الDNA الموجود في المجتمع الميكروبي .حيث اوضحت تحليل الميتاجينوم وجود مسارات بايوكيمياوية ومنتجات طبيعية جديدة في هذه البيئة واوضحت ان المجتمعات الميكروبية تحت سطح الارض في هذه المناطق تعتمد على التغذية الكيميائية الذاتية chemoautotroph بدل من photoautotroph من هذه البكتريا iron oxidizing bacteria التي تعود الى جنس *Leptospirillum* group II*, Ferroplasma* اوضحت الدراسات تعدد للنيوكليوتيدات nucleotides polymorphism ووجد ان كلا الجنسين لها القدرة تثبيت النيتروجين وثاني اوكسيد الكربون.