المحاضرة (6)

البيئات المتطرفة (Extreme Environment)

إن البيئات المتطرفة مهمة جدا لعلماء الأحياء المجهرية في البيئة حيث إن مثل هذه البيئات تأوي أحياء مجهرية نادرة ومهمة جدا من الناحية الصناعية والتجارية، إن مجتمعات الأحياء المجهرية في البيئات المتطرفة قد تأقلمت مع هذه البيئات إلى مستوى عالي فمن طرق التأقلم هو تطوير طريقة لتحليل الملوثات في بعض المناطق المتطرفة مثل مخلفات المناجم الحامضية والمخلفات الإشعاعية كما إنها طورت أنظمة أنزيمية تناسب الأس الهيدروجيني والحرارة المتطرفة، تم اختيار خمس بيئات متطرفة مختلفة لدراستها وتشمل :-

1- بيئات الحرارة (Low temperature environment) :- المنخفضة

McMurdo dry valleys , Antarctica م

هذا الوادي يمثل نظام بيئي بارد وجاف ومعدل حرارة الجو – 27.6 م والتربة – 27.1 م ، هذا النظام عبارة عن بحيرة متجمدة طوال السنة وسمك الجليد من 3-5 م، وجود هذا الجليد الدائم يعطي البحيرة صفات منها:-

1- لا يحدث فيها خلط للمياه بواسطة الرياح مما يؤثر سلبا على خلط المواد الذائبة في البحيرة واختزالها بشكل كبير.
2- اختزال التبادل الغازي المباشر بين الماء والهواء.
3- اختزال اختراق الضوء

4- اختزال انتقال الرواسب من القعر إلى عمود الماء مرة ثانية.

إن صفات النظام البيئي للبحيرة تنظم عن طريق الاندماج الفصلي للعمليات الناتجة عن فعالية الاحياء ذاتية التغذية الضوئية Photoautotrophic وغير ذاتية التغذية Heterotrophic والتي تنشط حسب المواسم الحرارية حيث يمر على هذه البحيرة أربع اشهر ضوء وأربع اشهر ظلام يتخللها وجود الشفق القطبي، ولوحظ ان تركيز الكبريتات يصل إلى أكثر من 1.5 mM تحت طبقة chemocline (تعرف ال chemocline بأنها المنطقة التي تقع بين منطقتين مختلفتين كيميائيا في عمود الماء) ففي هذه البحيرة هناك تداخل بين منطقتين احدهما غنية بالأوكسجين والأخرى قليلة، وهذا التدرج يقترح وجود دورة للكبريت ولهذا قامت البحوث بدراسة التنوع الميكروبي لبكتريا Photoautotrophic purple bacteria وبكتريا Sulfur chemotrophs وبكتريا Heterotrophic sulfate reducer، واغلب البكتريا المعزولة مشابهة الى *Thiobacillus thioparus* المؤكسدة للكبريت .

كيف يحصل تأقلم للاحياء المجهرية مع الجو البارد؟؟

ان قابلية هذه الاحياء على للبقاء والنمو في البيئات الباردة يتطلب تاقلم خاص لكي تتمكن من العيش في هذه البيئات فمثلا تقوم هذه البكتريا بتصنيع إنزيمات متكيفة مع البيئات الباردة فتكون مرنة في الجو البارد مقارنة مع الجو الحار حيث إن هذه الأنزيمات تكون مرنة في البيئات الباردة ولكنها تفقد مرونتها مع ارتفاع درجات الحرارة ، كما إن التفاعلات الأنزيمية

تحتاج طاقة اقل في الحرارة المنخفضة ، هاتان الميزتان منحت العلماء الاستفادة من هذه الانزيمات في صناعات عديدة، فبعض العمليات الصناعية لا تتم الا في حرارة واطئة وهذه العملية ستصرف طاقة اقل ومعناها توفير اكثر في الطاقة والمبالغ المصروفة كذلك هذه العملية يمكن وقفها بسهولة عند رفع الحرارة قليلا. وقد استخدمت هذه الأنزيمات في العديد من الصناعات ومن هذه الأنزيمات , β- galactosidase cellulase , α- amylase, protease, lipase

بيئات الحرارة المرتفعة High temperature environment

(الينابيع الحارة) Geothermal hot spring

تناولت الدراسات هذه المنطقة حيث أن الينابيع الحارة تصل درجة حرارتها إلى $100\ ^0C$ وممكن أن تستوطنها البكتريا المحبة للحرارة العالية المتطرفة Hyperthermophilic مثلا بكتريا *Thermus aquticus* والتي عزل منها إنزيم DNA polymerase المقاوم لدرجات الحرارة العالية والذي استخدم في تقنيات الـ (PCR) Polymerase chain reaction. إن هذه البكتريا محبة للحرارة العالية المتطرفة ولها القدرة على النمو في درجة حرارة بين $40\ ^0C$ و $79\ ^0C$ (المثلى $70\ ^0C$) . كذلك بعض الأماكن في أعماق ا لبحار والتي تخرج منها مياه الحارة من باطن الأرض عزل منها أحياء مجهرية محبة للحرارة العالية مثل *Pyrolobus fumarii* وهي archaea bacteria تتحمل حرارة تصل إلى 113^0C . من الأجناس التي وجدت في مياه الينابيع الحارة *Sulfolobus , Methanobacterium , Thermus*.

من الينابيع الحارة موقع يسمى **Dragon spring** والذي تكون مياهه حامضية pH= 3.1 وتتراوح حرارتها ما بين ^{0}C 73-66. إن معظم البكتريا المقاومة للحرارة تعود لصنف (Archaea) وهناك العديد من الميكانيكيات التي تستخدمها الأحياء المجهرية للتأقلم مع هذه البيئة المتطرفة حيث إن الحرارة العالية تحطم البروتين والغشاء الخلوي والمادة الوراثية للبكتريا الاعتيادية ، لذلك فالغرض الأساسي من ميكانيكيات التأقلم هو الحفاظ على الاستقرار الجزيئي molecular stability والمرونة التركيبية structural flexibility واهم ميكانيكيات التأقلم هي :-

1- وجود بروتين (Chaperonins) وهو ثابت تجاه الحرارة حيث يقوم بتغطية البروتينات ويحميها من التحطم بالحرارة وإعادة تصنيعها.
2- زيادة Disulfide bridges بين البروتينات.
3- زيادة التفاعلات بين الببتيدات الاروماتية .
4- زيادة الأواصر الهيدروجينية بين الببتيدات.
5- اختلاف تركيب الغشاء البلازمي .
6- وجود إنزيم ال DNA gyrase في الأحماض النووية والذي يزيد من التوائها وبالأخص DNA مما يعطيها مقاومة للحرارة.

إن استخدام الأنزيمات التي تفرزها الأحياء المحبة للحرارة العالية إضافة لما سبق يتضمن استخدام أنزيماتها في الزراعة، الأدوية، تنقية المياه، المعالجة الحيوية و الصناعات النفطية مثل إنزيمات Amylase, Xylanase, Lipase.

البيئات الجافة وذات الإشعاع فوق البنفسجي Desiccation &UV light stress Environment

The Atacama desert ,Chile

تظهر الصحاري بيئات جافة Arid desert او جافة جدا Hyper arid حارة جدا او حارة وباردة في نفس الوقت، و هذه الظروف المتطرفة تحد بشدة من الإنتاج الأولي وبالتالي التنوع الإحيائي .ان العوامل التي تحدد التواجد الميكروبي في هذه البيئة هي :-

1- عدم توفر الماء
2- الحرارة
3- كمية الإشعاع فوق البنفسجي

من الأمثلة على الصحاري الجافة هي صحراء Atacama في شيلي ففي هذه الصحراء تمر سنين او عقود من الزمن دون هطول الأمطار فلذلك تكون هناك ندرة في النباتات أو قد تكون معدومة لذلك يحصل نقص شديد في الكربون العضوي والنيتروجين المتوفر في التربة وتقل أعداد الأحياء المجهرية في التربة.

هناك دراسة حول الأحياء المجهرية في هذه البيئة عن مجموعة من البكتريا والتي تسمى lithic microorganisms والتي تكون ذاتية التغذية ضوئية ومثبتة للنتروجين :

(Photoautotrophic nitrogen fixing cyanobacteria)

حيث تعيش على المعادن المتوفرة في مختلف الصخور منها صخور الكرانيت والجبس والكوارتز وحبيبات الرمل وغيرها. وتشمل هذه البكتريا مجموعتين هي Hypolithic وهي التي تستوطن سطح الصخور و Endolithic وهي التي تستوطن الثقوب الموجودة في الصخور حيث تستفيد من تجمع قطرات الماء بين الثقوب وتتشتت الأشعة فوق البنفسجية واهم أنواع البكتريا الموجودة هي *Chroococcidiopsis* .

في هذه البيئات لا تنمو البكتريا في فترات الجفاف بل تقضي حياتها في مقاومة هذه الظروف، وأساليب المقاومة تشمل:-

1- قدرتها على حماية وإصلاح ال DNA المتعرض للأشعة فوق البنفسجية
2- الحفاظ على استقرارية البروتين في فترات الجفاف
3- الحفاظ على سلامة أغشيتها

من ميكانيكيات التكيف المهمة لهذه البكتريا هو تكوينها لغلاف خارج خلوي Extracellular polysaccharide sheath (EPS)
وهذا الغلاف ينظم اخذ وفقدان الماء ويساعد على حركة مكونات الخلية حسب الظروف البيئية ويحمي الخلية من الانكماش والانتفاخ، كما تتكون العديد من المركبات داخل هذا الغطاء كاستجابة للجفاف تعمل على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية من هذه المركبات
Mycosporine like, Detoxifying enzymes, Carotenoides, Scytonemin ,amino acid.

فوهات المياه الحارة في أعماق البحار Deep sea hydrothermal vents:

هي عبارة عن فتحات في أعماق البحار تخرج منها الحمم البركانية وتتميز هذه المناطق العميقة من البحار بأن درجات الحرارة فيها عالية جدا تصل إلى أكثر من 400 درجة مئوية كما تتميز بعدم وجود الأوكسجين وذات حامضية pH (4-2) وغنية بالعناصر والمركبات المختزلة التالية : CO_2, H_2S, H_3, Fe^{+2}, Zn^{+2}, Cu^{+2} . إن الماء الحار الخارج من هذه المنطقة يلاقي مباشرة مياه البحر الباردة فتتكون غيمة معتمة من المعادن المترسبة وتسمى هذه الغيمة black smokers ، وكان يعتقد إن هذه البيئة ذات الحرارة والضغط العالي وعديمة الضوء لاتحتوي على أي شكل من الحياة ، لكن وجد إن ترسب العناصر الواهبة والمستلمة للالكترونات سوف توفر المادة الغذائية الملائمة لنمو البكتريا

ذاتية التغذية الكيميائية **Chemoautotropic bacteria** ، لذلك فان كل السلاسل الغذائية في هذه البيئة سوف تعتمد على هذه البكتيريا .

مياه التعدين الحامضية Acid mines drainage:

على الرغم من وجود بيئات حامضية في الطبيعة إلا أن مياه التعدين الحامضية للمناجم تكون أفضل مثال على البيئات الحامضية المتطرفة ، إن عمليات التعدين عادة تركز على بعض المركبات المرتبطة مع الكبريت مثل ال Pyrite (FeS_2) المترسب وغيرها من المعادن كالذهب والفضة والنحاس والزنك والرصاص التي تدخل في تكوين المركبات الكبريتيدية المعدنية مثل CuS, ZnS وغيرها، ونتيجة التعدين فان هذه المعادن الكبريتية سوف تتعرض للماء والهواء و ينتج عنها تكوين الحوامض، وفي المواقع التي يكثر فيها الماء سوف يتكون مياه حامضية يكون فيها الأس الهيدروجيني اقل من (2) وفي بعض الأحيان تكون عالية السمية وتسمى هذه المياه بـ Acid mine drainage (AMD)، وعلى الرغم من زيادة المعادن السامة وارتفاع الحامضية وارتفاع درجة الحرارة والتركيز العالي من الكبريتات إلا أن هناك العديد من الأحياء المجهرية التي تستوطن في هذه البيئة .

وأوضحت الدراسات أن المجتمعات الميكروبية تحت سطح الأرض في هذه المناطق تعتمد على التغذية الكيميائية الذاتية chemoautotroph بدل من photoautotroph من هذه البكتريا iron oxidizing bacteria التي تعود إلى جنس *Leptospirillum* و *Ferroplasma* .