Ministery of Higher education and scientific research

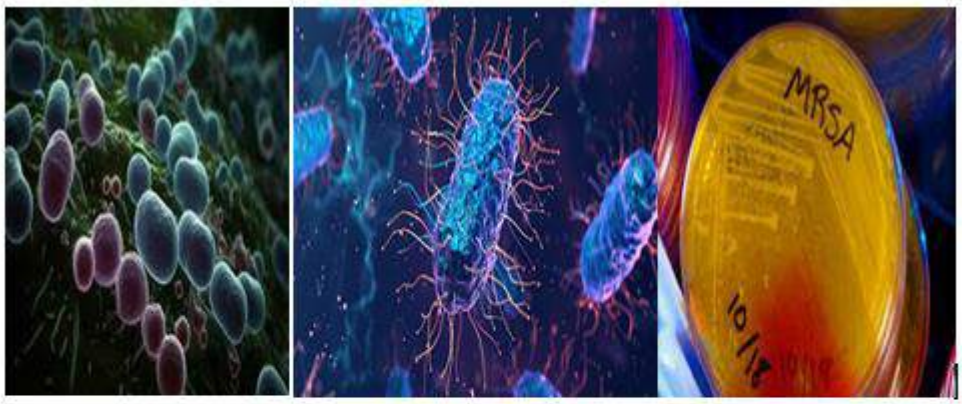
University of Tikrit

College of science

Department of Biology

Lectures of Microbiology (1)

For second stage - 2025-2026



أساتذة المادة : أ.م.د. ابراهيم عبد الرحمن الطيف – أ.د. سهى ماهر عبد/ أ.م.د. دنيا كمال سالم / أ.م.د. بشرى علي كاظم

علم الاحياء المجهرية Microbiology

تعريف ونظرة عامة:

يعرف علم الاحياء المجهرية على انه دراسة لكائنات متناهية في الصغر لدرجة يتعذر معها رؤيتها بالعين المجردة ولكن يستلزم الاستعانة بالميكروسكوب لتكبير تلك الأحياء حتي يمكن رؤيتها والتعرف على أشكالها المختلفة والتي يطلق عليها اسم المكروبات Microbes وتتضمن هذه الكائنات : أحياء حقيقة النواة **Eukaryotic organisms** والتي تضم الابتدائيات (الأوالي) **Protozoa** والطحالب **Algae** والفطريات **Fungi** ، وأحياء بدائية النواة **Prokaryotic organisms** وتضم البكتريا , **Bacteria**أما الرواشح (الفايروسات) **Viruses** فيتم دراستها في علم مستقل، حيث لا تصنف ضمن الكائنات الحية بشكل صريح .

وبشكل عام يكون الكائن الذي قطره mm1 او اقل من الكائنات المجهرية. ورغم التطورات في هذا العلم فإن التقديرات تقول انه لم يتم دراسة إلا 0.03% من الميكروبات الموجودة في البيئة الأرضية ، وبالرغم من ان الميكروبات اكتشفت منذ 300 عام إلا ان علم الأحياء الدقيقة ما زال يعتبر في بداياته مقارنة بعلم الحيوان وعلم النبات وعلم الحشرات .

وبعبارة اخرى يمكن تعريف علم الاحياء المجهرية او الدقيقة على انه العلم الذي يختص بدراسة الأحياء الدقيقة وحيدة الخلية ومتعددة الخلايا وكذلك عديمة النواة كالفيروسات وتتضمن هذه الكائنات : البكتيريا، الابتدائيات، الفطريات و الرواشح (الفيروسات- التي اصبحت تدرس في علم مستقل). كما ويدرس هذا العلم وجود هذه الكائنات وصفاتها وعلاقات بعضها ببعض وكذلك علاقتها بالمجاميع الاخرى من الكائنات ويدرس ايضاً طرق السيطرة عليها واهميتها على المستوى الذي يتعلق بصحة الانسان وسعادته.

وقديماً لم يتمكن العلماء من تبادل الافكار والمعرفة مع بعضهم البعض بسبب صعوبة المواصلات والاتصالات. ولكن تغيرت هذه الحقيقة بعد تحسن وسائط النقل وازدياد عدد السكان وساعدت الحروب والتجارة على اختلاط الناس ببعضهم وبدأت المعلومات العلمية بالانتشار من قطر الى اخر وصار واضحاً ان هناك الكثير من الخفايا التي تنتظر جهوداً كبيرة من العلماء والباحثين.

لقد قام العلماء المهتمين بخفايا الحياة واسرارها عبر القرون بجمع حصيلة جيدة من المعلومات الصحيحة عن الاشياء الحية التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة باستعمال العدسات المكبرة.

ومن ثم بدأت المعلومات المتجمعة عن الكائنات الحية تنتظم بصورة بطيئة في نظام مرتب واصبح ما يتعلق بدراسة الحياة يسمى بعلم الاحياء **Biology** ، حيث اقتصر هذا العلم في البداية على وصف الشكل الخارجي واللون والحركة ان وجدت وكذلك العادات وغيرها من التفاصيل التي ترى بالعين المجردة بضمنها التشريح، واصبحت هذه الاوصاف هي الاساس في انظمة التصنيف الذي كان الشغل الشاغل لكثير من علماء النبات والحيوان الأوائل. وكانت الكيمياء والفيزياء حقولاً منفصلة تماماً عن علوم الحياة حتى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر وقد عدت الحياة والمادة الحية منفصلة عن التحليل الكيميائي والفيزيائي.

لم يظهر علم الاحياء المجهرية microbiology الى الوجود قبل الجزء الاخير من القرن التاسع عشر. وكما اشرنا سابقاً فأن علم الاحياء المجهرية اكتشف او استحدث قبل ثلاثمائة عام فقط على الرغم من ان الانسان الاول قد تعامل مع هذه الكائنات دون ان يراها، فقد استعمل الاجسام الثمرية لبعض الفطريات كمادة غذائية وتعامل مع الامراض وحاول القضاء على مسبباتها باستعماله الاعشاب المختلفة كذلك اعتاد الناس في ذلك الحين على انتاج الخمور وشربها دون ان يعرفوا دور الاحياء المجهرية في عملية تخمرها، واستعملوا طرق التمليح والتجفيف وكذلك التجميد في المحافظة على الاغذية من التلف دون معرفة مسببات هذا التلف.

لماذا ندرس علم الاحياء المجهرية Why Study Microbiology

احد الاسباب لدراسة علم الاحياء الدقيقة او المجهرية هو ان هذه الكائنات تمثل جزء من بيئة الانسان التي يعيش فيها، وبالتالي فهي مهمة لصحة الانسان. الاحياء المجهرية ضرورية للحياة وفي جميع البيئات المختلفة. هناك عدد من الاحياء المجهرية التي تعيش في المحيطات وعلى الجثث في المياه العذبة تحصل على طاقتها من ضوء الشمس وتخزن الطاقة في جزيئات بحيث تكون غذاء للكائنات الاخرى.

وكذلك تقوم الاحياء المجهرية بتحليل الكائنات وكذلك فضلات الكائنات الحية التي على قيد الحياة وفي بعض الاحيان تقوم بتحليل الفضلات الصناعية ايضاً. هذه امثلة بسيطة جداً تظهر اهمية الاحياء المجهرية وعلاقتها مع الكائنات الاخرى. من جانب اخر فأن للأحياء المجهرية فوائد اخرى.

فوائد علم الأحياء الدقيقة

إنّ علم الأحياء الدقيقة أصبح يستخدم في شتىّ مجالات الحياة مثل :-

1- أساس علم الباثولوجيا Pathology (علم الامراض).
2- تعد المسؤولة عن بقاء الكائنات الحية الاخرى بما فيها الانسان على قيد الحياة. اذ تقوم البكتريا بتحويل غاز النيتروجين الذي يعد الجزء المسؤول عن بناء اهم الجزيئات مثل البروتينات و DNA حيث تقوم البكتريا بتحويل هذا الغاز إلى صيغة كيمائية مناسبة للاستهلاك من قبل النبات.
3- استخدامات عسكرية في صناعة الأسلحة البيولوجية.
4- انتاج واستحداث المضادّات الحيويّة Antibiotics.
5- صناعة وتطوير اللّقاحات Vaccines .
6- بعض الصّناعات تستخدم الاحياء المجهرية لصناعة الخبز، الخل ، الجبن، الادوية..... الخ . وفي السنوات الاخيرة استخدمت التقنية الحياتية لإنتاج العديد من المواد المهمة مثل الانسولين والانترفيرون.
7- الإلمام بهذا العلم يساعد على حماية الإنسان و النّبات والحيوان من أخطار هذه الكائنات الدّقيقة.
8- استخدام بعض الأنواع الميكروبية للقضاء على أنواع أخرى غير مرغوب فيها او مسبّبة في أضرار للإنسان أو المحاصيل عن طريق المحاربة الهستونية Biocontrol.
9- ولكون ان الكائنات الدقيقة تتكاثر بشكل سريع جداً، لذلك فأنها مفيدة بشكل خاص للدراسات المتضمنة انتقال المعلومات الوراثية. فبعض البكتريا يمكنها ان تنقسم ثلاث انقسامات خلال ساعة واحدة وبالتالي فأن التأثيرات في الجين يمكن ان تنتقل عبر عدة اجيال وبوقت محدود. وكذلك ساعدت علماء الهندسة الوراثيّة والتّعديل الجيني في فهم طبيعية الحمض النووي DNA والـ RNA .

10- تساعد علماء التّطور الطّبيعي في معرفة ومتابعة مسالك وطرق التّطور الّتي أخذتها الحياة على الأرض.

مضار الاحياء المجهرية :

لو استعرضنا الاوبئة والامراض التي مرت بها البشرية والتي غيرت تاريخ شعوب بأكملها لنجد ان هذ الكائنات قتلت من الناس اضعاف ما قتل بسبب الحروب. ومن امثلة ذلك :

1- تسبب الاحياء المجهرية الامراض infections وكذلك الامراض الاخرى غير المعدية noninfectious diseases كبعض السرطانات والتقرحات المعوية. وعلى سبيل المثال فأن مرض الطاعون **Plague** الذي تسببه بكتريا *Yersinia pestis* تسبب بموت اكثر من ثلث سكان اوروبا (25 مليون انسان) في العصور الوسطى. اما الان فلا يتجاوز عدد المصابين به في العالم المئة مصاب. وكذلك الجدري وهو مرض فايروسي ادى إلى موت اكثر من عشرة ملايين مريض. وهو من الامراض الخطرة والتي تم السيطرة عليها من خلال برامج عالمية للتلقيح .
2- الانواع الضارة والشرسة منها يمكن ان تنقل الجينات المقاومة للمضادات الحيوية الى الانواع الاخرى.
3- تتسبب الاحياء المجهرية بفساد الاغذية.

بداية نشوء المجهر Beginning of Microscopy

نظراً لصغر حجم الكائنات الدقيقة فان اكتشافها ودراستها جاء متأخراً بعد اكتشاف الميكروسكوبMicroscope وتطويره مما مكن العلماء من رؤيتها ووصفها وتتبع طريقة نموها وتكاثرها ومعيشتها. حيث ان العين البشرية المجردة لا يمكنها رؤية الاشياء التي يكون قطرها اقل من µm100(مايكروميتر) وهي ايضاً لا تتمكن من تمييز الاشياء بصورة منفصلة اذا كانت المسافة بينها اقل من µm100 وتسمى بقدرة التمييز **resolving power of the human eye** . ويعود تحديد هذه القدرة الى الطول النسبي للموجات الضوئية المرئية والخشونة النسبية الموجودة في تركيب نهايات العصب البصري في

الشبكية ، كذلك طبيعة عدسات العين والقرنية. وليس معنى ذلك أن الكائنات الحية الدقيقة لم تكن معروفة قبل ذلك ولكنها كانت معروفة من الناحية النظرية فقد كان فلاسفة اليونان وعلماء العرب الأولين يدركون أن الأمراض تنتقل عن طريق كائنات دقيقة لا يمكن رؤيتها بالعين.

وكما اشرنا سابقاً الى ان علم الاحياء المجهرية يعتمد في اغلب مقاييسه على الوحدات الصغيرة سواء كانت وحات قياس الطول او الحجم او غيرها. وادناه بعض الوحدات التي يتحتم على طالب علوم الحياة الإلمام بها :-

- وحدات قياس الطول **length units** :

1 cm = 10 millimeter (**mm**).

1 mm = 1000 micrometer (**µm**)

1 µm = 1000 nanometer (**nm**)

1 nm = 10 angstrom (**Å**)

- وحدات قياس الكتل : **mass units**

1 gm = 1000 milligram (**mg**)

1 mg = 1000 microgram (**µg**)

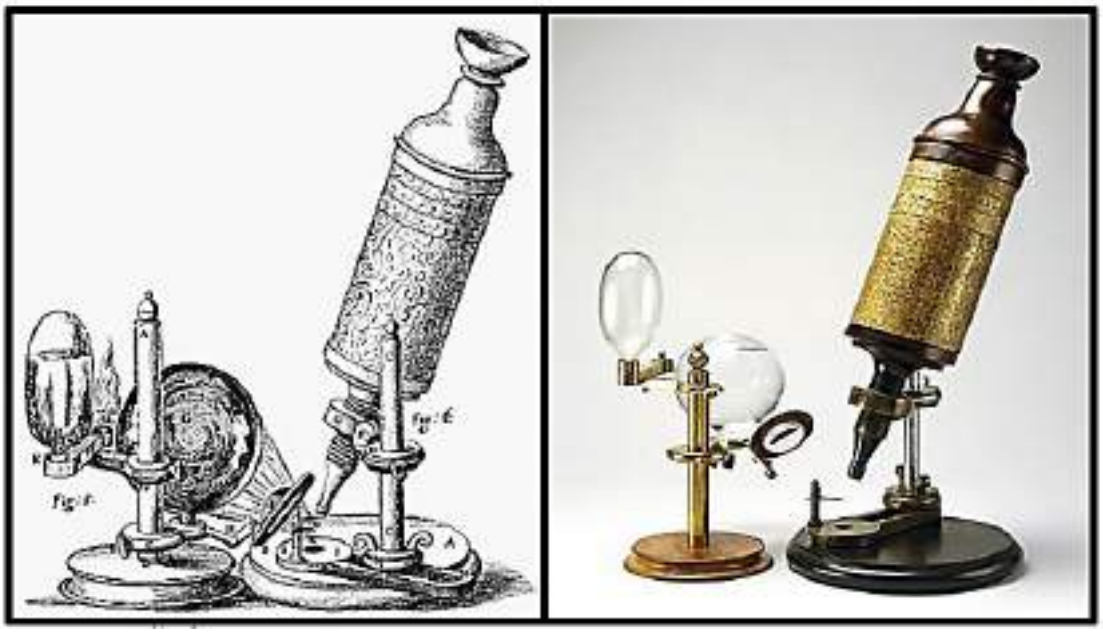
- وحدات قياس الحجم : **volume units**

1 Litter = 1000 milliliter (**ml**)

1 ml = 1000 microliter (**µl**)

علماً ان هناك وحدات اخرى اصغر من هذه الوحدات لكن تبقى هذه الوحدات المذكورة اعلاه الاكثر تداولاً في مجال علم الاحياء الدقيقة.

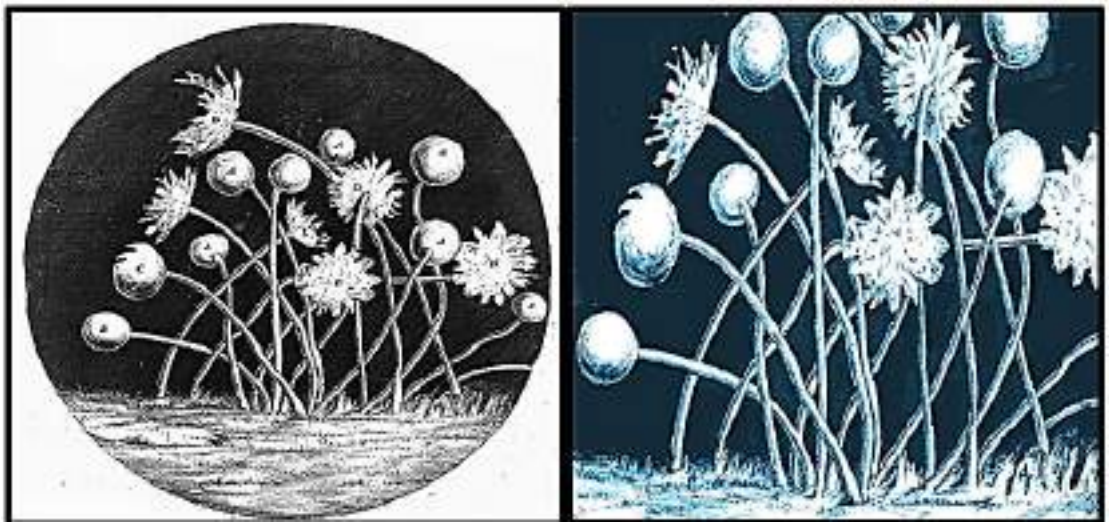
استعملت قديماً العدسات اليدوية بقوة تكبير مقدارها 2-10 مرات وهي شائعة الاستعمال حالياً وكانت تُعد مجاهر على المستوى التقني لأنها كانت تحول الاجسام غير المرئية بوساطة العين المجردة الى اجسام مرئية، إلاّ ان اختراع المجهر المركب تم على يد صانع النظارات الهولندي Zaccharias Janssen الذي وجد في عام 1590 ان اضافة عدسات اخرى يسبب تكبير الصورة الناشئة من عدسة اليد واستطاع بذلك ان يكبر الصورة من 50-100 مرة. وهذا هو المبدأ الاساس الذي تقوم عليه صناعة المجاهر المركبة المستعملة حالياً. وفي عام 1660 قام الانكليزي روبرت هوك Robert Hooke بصنع واستعمال المجهر المركب Compound Microscope حيث استعمله لرؤية شرائح الفلين الرقيقة. ويعتبر Hooke اول من اطلق مصطلح cell (خلية) لوصف الترتيب المنظم (للصناديق) التي رأها آنذاك.



الشكل -1- المجهر الذي صممه العالم Robert Hooke

وقام هذا العالم بوصف الاشياء التي اكتشفها في منشورات Micrographia بناءً على طلب من الجمعية الملكية في لندن، حيث ان قوة التكبير التي حصل عليها Hooke كانت 200 مرة ، وهو كاف لتوضيح البكتريا إلاّ انه لم يسجل ملاحظات عن هذه الكائنات وقد يعود سبب ذلك هو دراسته للأجسام المعتمة في حالة جافة اعتماداً على الضوء المنعكس وهي طريقة غير مثالية لفحص الكائنات المجهرية. رغم ذلك فأن صورة العفن وبقية الاجسام التي شاهدها كانت صحيحة ومفيدة.

يرجع الفضل في ما توصلت إليه البشرية الآن من اكتشافات وأبحاث ترتبط بالكائنات غير المرئية بالعين المجردة إلى العالم الهولندي أنطوني فان ليفينهوك Anton van Leeuwenhoek كان ذلك عام 1674 والذي ساعده في ذلك عمله تاجرًا للقماش طوال حياته في مدينة - ديلفت الهولندية، إذ لعبت فترة تدريبه على العدسات المكبرة التي كانت تستخدم في تجارة النسيج لحساب كثافة الخيط دورًا كبيرًا في شغفه بالعدسات الزجاجية، وفحص النسيج تحتها اذ قام بصنع عدسات بسيطة وكفؤة في نفس الوقت تصل قوة تكبيرها الى 300 مرة وهو تكبير كاف لتوضيح البكتيريا والابتدائيات وغيرها من الكائنات المجهرية وقام بواسطة هذه العدسات بفحص العديد من المواد كاللعاب ومناقيع الفلفل والفلين واراق النبات والدم وكذلك السائل المنوي والبول وروث الابقار والفضلات الموجودة بين اسنانه وغيرها وقد شاهد اشياء اكثرها من الابتدائيات والبكتيريا لكنه اطلق على جميعها اسم " حييونات او حيوانات مجهرية. **Animalcules** .



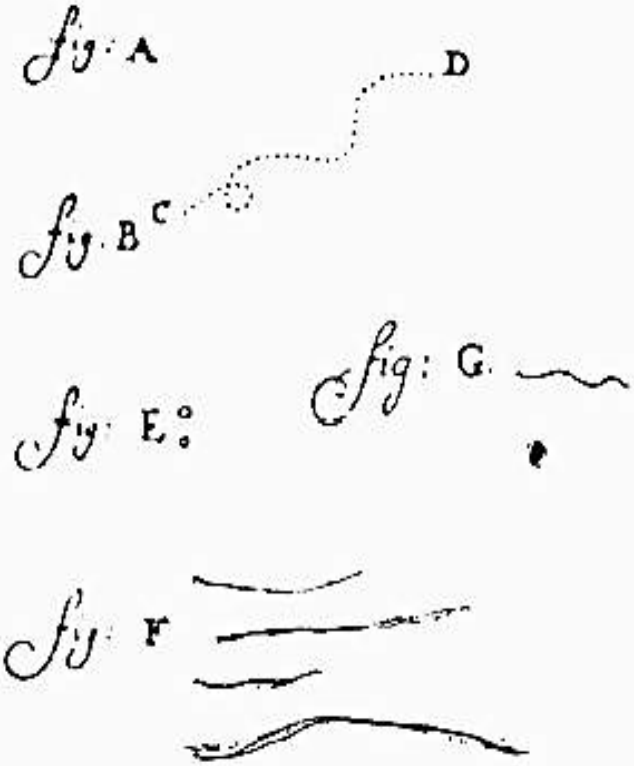
الشكل-2- انواع مختلفة من الاعفان الزرقاء النامية على قطعة جلد رسمها روبرت هوك.

وقد كان هذا الاكتشاف مشابهاً لاكتشاف كولومبس للعالم الجديد او لهبوط الانسان على القمر. ولم تمثل الادوات التي استعملها ليفنهوك Leeuwenhoek مجهراً حقيقياً إذ انها كانت عدسات مكبرة بسيطة ويتحرك النموذج بوساطة لولب screw. كتب ليفنهوك تقارير مفصلة عن جميع الاشياء الدقيقة التي شاهدها وارسلت هذه التقارير الى الجمعية الملكية في لندن ابتداء من عام 1674 وكانت اشكال البكتريا من جملة الرسوم التي قام بتخطيطها. لقد

فحص ليفنهوك Leeuwenhoek جميع المواد وهي عالقة في السوائل وهذا على نقيض ما قام به هوك Hooke.

وخلال فترة السبعينات من القرن السابع عشر، قدَّم ليفنهوك Leeuwenhoek عددًا من المجاهر البسيطة قاربت 500 مجهرًا ضوئيًّا، كشفت أشكالًا من الأحياء الدقيقة مثل: البكتيريا، والفطريات، والكائنات الأولية protozoa، ولم تتوقف اكتشافاته عند هذا الحد ، إذ أسس علم تشريح النبات، وأصبح خبيرًا في مجال التكاثر الحيواني. وفي ما يخص الإنسان قدم وصفًا لكرات الدم الحمراء في البلازما، واكتشف الحيوانات المنوية التي تعد من أهم الاكتشافات العلمية في حياته؛ إذ خلصت دراساته إلى استنتاج جديد بأن عملية الإخصاب تحدث عندما تخترق الحيوانات المنوية البويضة.

الشكل (٣) : المجهر الذي صنعه ليفنهوك واستعمل في القرن السابع عشر



الشكل (٤) :رسوم فن ليفنهوك لأشكال البكتريا من فم الإنسان وتظهر العصيات والمكورات والحلزونيات بوضوح .

أهمية علم الأحياء المجهرية في العصر الحديث

1- الميكروبيوم البشري (Human Microbiome): جسم الإنسان يحتوي على تريليونات الميكروبات، وتلعب دوراً في المناعة، الهضم، والصحة النفسية. مشروع Human Microbiome Project فتح آفاقاً جديدة لفهم علاقتها بالأمراض المزمنة.

2- الميكروبات والسرطان: بعض البكتيريا مثل Fusobacterium nucleatum ترتبط بسرطان القولون، وتُستخدم كمؤشرات حيوية (Biomarkers) للتشخيص المبكر.

3. التطبيقات الطبية وتشمل

أ- العلاج بالبكتريوفاج (Phage Therapy): بديل واعد للمضادات الحيوية، يستخدم ضد البكتيريا المقاومة مثل MRSA وPseudomonas aeruginosa، مع وجود تجارب سريرية حديثة.

ب- اللقاحات الحديثة: تقنية mRNA مثل لقاحات كوفيد-19 مبنية على أبحاث في علم الفيروسات.

ج- الميكروبات كعلاج للاضطرابات العقلية: البروبيوتيك النفسي (Psychobiotics) يُدرس حالياً لعلاج القلق والاكتئاب عبر محور الأمعاء-الدماغ.

3. التطبيقات الصناعية والبيئية وتشمل

أ- المعالجة الحيوية (Bioremediation): بكتيريا مثل Pseudomonas putida تزيل الملوثات النفطية والمعادن الثقيلة.

ب - الوقود الحيوي (Biofuel): الطحالب الدقيقة تُستخدم لإنتاج الإيثانول والديزل الحيوي.

ج- البلاستيك الحيوي (Bioplastics): بكتيريا Ralstonia eutropha تنتج مادة PHA كبديل للبلاستيك التقليدي.

4. التطورات التكنولوجية وتشمل

ا- الميكروسكوب الإلكتروني فائق البرودة (Cryo-EM): أحدث ثورة في علم الأحياء الدقيقة وحصل على نوبل 2017.

ب- المجهر الفلوري فائق الدقة (Super-Resolution Microscopy): يتيح دراسة الميكروبات على مستوى الجزيئات المفردة.

ج - الميتاجينومكس (Metagenomics): تحليل المادة الوراثية مباشرة من البيئة واكتشاف ميكروبات جديدة.

5. الاتجاهات المستقبلية وتشمل

أ- الهندسة الميكروبية (Synthetic Biology): تعديل البكتيريا وراثياً لإنتاج أدوية أو استهداف الخلايا السرطانية.

ب- الزراعة الدقيقة (Precision Agriculture): توظيف الميكروبات لتحسين التربة وتقليل استخدام المبيدات والأسمدة الكيميائية.

الفروع الأساسية لعلم الأحياء المجهرية:

1. **علم البكتيريا (Bacteriology):**
يدرس البكتيريا وصفاتها الظاهرية وتصنيفها، وكيفية عزلها وتشخيصها.
2. **علم الفيروسات (Virology):**
يتناول دراسة الفيروسات، بما في ذلك هيكلها، تصنيفها، الأمراض التي تسببها، وطرق عزلها وتنميتها.
3. **علم الفطريات (Mycology):**
يختص بدراسة الفطريات، وخاصة تلك المسببة للأمراض في الإنسان والحيوان.
4. **علم الطفيليات (Parasitology):**
يركز على دراسة الكائنات الطفيلية التي قد تسبب أمراضاً، وكيفية تشخيصها.
5. **علم المناعة (Immunology):**
يدرس الجهاز المناعي، مكوناته، كيفية عمله ضد الأمراض، وأحدث التقنيات في التشخيص.
6. **التقانة الأحيائية (Biotechnology):**
يهتم بتطبيق التقنيات الحديثة في مجال الأحياء الدقيقة، مثل التقانات الجزيئية.
7. **البيولوجيا الجزيئية (Molecular Biology):**
يركز على الجوانب الجزيئية للكائنات الحية، بما في ذلك المادة الوراثية ووظائفها.
8. **الأحياء المجهرية الطبية:**
دراسة الميكروبات التي تسبب الأمراض للإنسان والحيوان.
9. **الأحياء المجهرية البيطرية:**
يركز على الكائنات الدقيقة التي تصيب الحيوانات وتسبب الأمراض لها.
10. **الأحياء المجهرية الصناعية:**
يستخدم الكائنات الدقيقة في الصناعات المختلفة.
11. **الأحياء المجهرية الغذائية:**
يختص بدراسة الميكروبات في الأطعمة والألبان.

12.الأحياء المجهرية الصيدلانية:

يدرس الكائنات الدقيقة في مجال صناعة الأدوية.

أنواع المجاهر المستخدمة لدراسة الاحياء المجهرية

نقسم المجاهر بشكل أساسي إلى نوعين رئيسيين: المجاهر الضوئية والمجاهر الإلكترونية، وتتفرع منها أنواع فرعية مثل المجهر الفلوري، والمجهر متحد البؤر، والمجهر المستقطب، بالإضافة إلى مجهر القوة الذرية والمجهر النفقية الماسحة. تستخدم المجاهر الضوئية الضوء المرئي، بينما تستخدم المجاهر الإلكترونية شعاعًا من الإلكترونات، مما يمنحها دقة أعلى بكثير.

1- المجاهر الضوئية

تستخدم هذه المجاهر الضوء لتكبير العينات وتعتمد على العدسات الزجاجية لإنتاج صورة مكبرة. وتشمل:

أ- المجهر الضوئي المركب:

هو النوع الأكثر شيوعًا، ويستخدم لتكبير العينات التي تُوضع على شرائح زجاجية.

ب- مجهر تباين الطور:

يُستخدم لدراسة الخلايا الحية غير المصبوغة وتعزيز تباينها.

ت- المجهر الفلوري:

يعتمد على صبغة الفلورسين لامتصاص الضوء وإعادة إصدارها عند أطوال موجية أكبر، لرؤية أجزاء معينة من العينة.

ث- المجهر المستقطب:

يدرس خصائص المواد البصرية عن طريق استقطاب الضوء، ويُستخدم في دراسة البلورات والمعادن.

ج- المجهر متحد البؤر:

يستخدم الليزر للحصول على صور مفصلة ثلاثية الأبعاد للعينة.

2- المجاهر الإلكترونية

تستخدم هذه المجاهر حزمة من الإلكترونات بدلاً من الضوء، مما يوفر قدرة تمييز وتكبير أعلى بكثير من المجاهر الضوئية. ومنها:

أ- المجهر الإلكتروني النافذ (TEM):

يرسل حزمة إلكترونات عبر عينة رقيقة جدًا، مما يُنتج صورًا عالية الدقة للعناصر الداخلية.

ب- المجهر الإلكتروني الماسح (SEM):

يرش العينة بطلاء معدني ثم ترسل حزمة إلكترونات لتسقط على السطح، فيُنتج صورًا مجسمة لسطح العينة.

ج- المجهر الرقمي:

يلتقط الصور ومقاطع الفيديو للعينة بصيغة رقمية.

د- مجهر القوة الذرية (AFM):

يستخدم مسبارًا لفحص أسطح العينات على المستوى الذري.

الشكل (4) يوضح انواع المجاهر المستخدمة لدراسة الاحياء المجهرية