الفصل الثاني

نظم تقسيم الأحياء الدقيقة
Classification Systems of Microorganisms

يختص علم الأحياء الدقيقة (علم = ology ، أحياء = bio ، دقيقة = micro)، بدراسة الكائنات الحية صغيرة (دقيقة) الحجم والتي لا ترى عادة إلا بالمجهر . وتشمل هذه الأحياء الدقيقة كلاً من : الطحالب Algae، والفطريات Fungi، والبكتيريا Bacteria، والريكتسيا Rickettsiae، والكلاميديا Chlamydia، والمايكوبلازما Mycoplasma، والأوليات Protozoa وغيرها من العوامل المُعْدية مثل الفيروسات Viruses وأشباهها (الفيرويدات Viroids والبريونات Prions).

ويُعنى هذا العلم، بشأن كل العلوم الأحيائية، بأشكال forms هذه الأحياء الدقيقة وبالتركيب structure وبالتكاثر reproduction ووظائف الأعضاء physiology والأيض والتقسيم classification. كما يُعنى أيضاً بتوزيع distribution هذه الأحياء الدقيقة في الطبيعة nature وعلاقاتها relations بعضها ببعض وبغيرها من الأحياء الأخرى. كما يهتم أيضاً بتأثيراتها على الإنسان والحيوان والنبات، وكذا قدرتها على إحداث تغييرات كيميائية وطبيعية في البيئة، هذا بالإضافة إلى تفاعلاتها مع العوامل الطبيعية والكيميائية.

وللأحياء الدقيقة صلة مباشرة بصحة ورخاء الإنسان، إذ أن بعضها يكون مفيداً beneficial والآخر ضاراً harmfull. فعلى سبيل المثال: توجد أحياء دقيقة تستخدم في صناعة الجبن والزبادي والمخللات والنبيذ والكحول والخبز والمضادات الحيوية antibiotics واللقاحات vaccines وفي التقنيات الحيوية biotechnology. كما أن بعضها يستخدم في إعادة تدوير واستخدام recycling فضلات الإنسان والحيوان والفضلات الصناعية. ومن ناحية أخرى، فإن بعض الأحياء الدقيقة تسبب أمراضاً خطيرة وقاتلة للإنسان والحيوان والنبات، كما يسبب بعضها فساداً في الأغذية أو يحدث تدهوراً في بعض المواد مثل أنابيب الحديد والعدسات الزجاجية وأعمدة الخشب.

ومعظم الأحياء الدقيقة وحيدة الخلية unicellular، ونعني بذلك أن كل العمليات الحيوية تؤديها خلية واحدة. أما في الأشكال العليا من صور الحياة، فإن الأحياء الدقيقة تتكون من العديد من الخلايا multicellular التي تترتب في أنسجة tissues أو أعضاء organs ليؤدي كل منها وظيفة أو وظائف نوعية معينة. وبغض النظر عن بساطة أو تعقيد أي كائن، إلا أن الخلية تعد هي الوحدة الأساسية البنائية للحياة. وتعد كل الخلايا الحية متشابهة بشكل عام.

وأول من وصف الخلية وسماها هو العالم الإنجليزي روبرت هوك Robert Hooke (١٦٣٥-١٧١٣م)، حيث أوضح التركيب الدقيق للفلين، وغيره من المواد النباتية. وقد لاحظ شكل حجرات قرص عسل النحل في شرائح رقيقة من الفلين الذي كان مقسماً بجدر خلوية تفصل الخلايا عن بعضها ببعض. إلا أن مفهوم الخلية كوحدة تركيبية للحياة — أو ما يعرف بالنظرية الخلوية cell theory فيرجع الفضل فيه لليونانيين ماثياس شليدن Mathias Shleiden وثيودور شوان Theodor Schwann اللذان وصفا الخلايا كوحدات بنائية وظيفية. وفي عام ١٨٣٨ — ١٨٣٩م لاحظا أن كل الخلايا — وبغض النظر عن نوع الكائن الحي — تكون متشابهة جداً في التركيب والوظائف. ومنذ أن تقبل العلماء مفهوم الخلية كوحدة أساسية للحياة بدأ الباحثون يتمحصون طبيعة المادة التي تتكون منها الخلية. فالبروتوبلازم protoplasm (الأصل الإغريقي — بروتو = أولى ، بلازم = المادة)، هو مصطلح عام أطلق على المادة الحية في الخلية. والبروتوبلازم عبارة عن مادة عضوية غروية colloidal معقدة تتكون في معظمها من البروتين والدهون والأحماض النووية، وتغلف هذه المواد بأغشية membranes أو جدر خلوية cell walls. ويحتوي البروتوبلازم دائماً على نواة nucleus بكل خلية. وقد ساهمت التحسينات في صناعة المجاهر، وخاصة المجهر الإلكتروني، في توضيح أدق التفاصيل للتنظيم الداخل خلوي intracellular organization.

وتتميز الكائنات الحية عامة بالصفات التالية: ١- القدرة على التكاثر، ٢- القدرة على ابتلاع أو تمثيل المواد الغذائية للاستفادة منها في إنتاج الطاقة وفي النمو، ٣- القدرة على إخراج نواتج الفضلات، ٤- القدرة على التفاعل مع متغيرات البيئة، ٥- الاستعداد للتطفر mutation.

ولكن هناك قسماً آخر من الأحياء الدقيقة مثل الفيروسات viruses (وغيرها) تقع على حافة الحياة border of life، حيث إنها أبسط في تركيبها وتكوينها من الخلايا المفردة. وتمثل الفيروسات التحدي المثير والفرصة للحصول على فهم أفضل لطبيعة المادة العضوية المعقدة والتي تعد المعبر bridge للفراغ الذي يوجد بين العوالم الحية وغير الحية.

فالفيروسات عبارة عن طفيليات إجبارية obligate parasites حيث أجبرت على أن تنمو داخل خلية عائلة لكائن خلوي سواء أكان نباتاً أم حيواناً أم كائناً حياً دقيقاً. ولا تستطيع الفيروسات أن تتكاثر خارج الخلية العائلة. ومع ذلك، فإنه بمجرد دخول الفيروس الخلية العائلة الحية المناسبة، فإن بمقدوره حينئذ أن يوجه directs تخليق synthsis المئات من الفيروسات المطابقة له مستغلاً في ذلك طاقة الخلية وآلياتها الكيموحيوية biochemical machineries. ويتكون الفيروس من مواد فريدة unique للحياة كالأحماض النووية nucleic acids (والتي تصنع منها المادة الوراثية) والبروتينات proteins وهي مواد نيتروجينية معقدة توجد في مختلف أشكال الكائنات الحية بما فيها النباتات والحيوانات.

علم الأحياء الدقيقة كمجال من علوم الحياة

من المعروف أن لعلماء الحياة آراء مختلفة في تقسيم مجالات علوم الحياة المتعددة. ومن الثابت تاريخياً أن التقسيم جاء بعد تكوين المجاميع الرئيسة للحياة مثل علم الحيوان Zoology وعلم النبات Botany وعلم الحشرات Entomology وكذلك علم الأحياء الدقيقة Microbiology. كما أن إحدى الطرق الأخرى من تحت تقسيم مادة علم الأحياء Biology اعتمدت على المستوى الذي تتطلبه الدراسة، فمثلاً الدراسة على مستوى المكونات الجزيئية molecular constituents للخلية (علم الأحياء الجزيئية Molecular Biology) أو الدراسة على مستوى الخلية (علم أحياء الخلية Cell Biology) أو الدراسة على مستوى الكائن organism (علم أحياء الكائنات Organism Biology)، أو الدراسة على مستوى مجموعات الأحياء (علم أحياء المجتمعات Population Biology). ومع ذلك، فإنه توجد مداخل أخرى لتقسيم علم الأحياء ومن بينها أن يعتمد التقسيم على الشكل form والوظيفة function، كما هو الحال في علم الشكل الظاهري Morphology أو علم التشريح Anatomy أو علم وظائف الأعضاء Physiology أو الأيض Metabolism أو الوراثة Genetics. وتدرس مقررات علم الأحياء الدقيقة Microbiology بالجامعات والكليات والمدارس العليا في أقسام علوم الحياة وبعضاً منها تدرس في أقسام علم الأحياء الدقيقة أو قسم الأحياء الجزيئية في كليات مثل الطب والصيدلة والعلوم التطبيقية والزراعة والطب البيطرى والتمريض وطب الأسنان والعلوم الصحية والعلوم.

وبغض النظر عن أين يوضع علم الأحياء الدقيقة، فللكائنات الحية الدقيقة جاذبية غير عادية كنماذج models لدراسة عمليات الحياة الأساسية، حيث يمكن تنميتها وتغذيتها في أنابيب اختبار أو دورق ومن ثم فإنها لا تحتاج إلا إلى أقل فراغ وصيانة وتكلفة مقارنة بالنباتات والحيوانات الكبيرة. كما أنها تنمو بسرعة وتتكاثر بمعدل عالي وغير عادى. فبعض أنواع البكتيريا يمكن أن يعطي ١٠٠ جيل، هذا فضلاً عن أن العمليات الأيضية للأحياء الدقيقة تتبع أنماطاً patterns تحدث بين النباتات والحيوانات الراقية. فمثلاً، تستخدم الخمائر yeasts الجلوكوز بنفس الطريقة الأساسية لخلايا الثدييات mammals، فنفس نظم الإنزيمات المستخدمة في عمليات التنفس هي التي تستخدمها النباتات والحيوانات. والطاقة المحررة أثناء تكسير الجلوكوز تصطاد trapped وتصبح متاحة في أن تستغلها الخلايا في أداء شُغْل سواء كانت بكتيريا أو خمائر أو نبات أو خلايا عضلية في الإنسان. وفي الواقع فإن الآلية التي تعمل بها الكائنات (أو الخلايا) للاستفادة من الطاقة تكون واحدة في العالم الأحيائي. أما مصدر الطاقة، فإنه يختلف بالطبع بين الكائنات، إذ تتميز النباتات بقدرتها على استخدام الطاقة الشمسية، بينما تحتاج الحيوانات إلى مواد عضوية كيميائية لاستخدامها كوقود لها. وفي هذا المنحى تشبه بعض الأحياء الدقيقة النباتات حيث تستخدم الطاقة الشمسية، بينما يشبه البعض الآخر الحيوانات، وثمة مجموعة ثالثة تشبه كلاً من النباتات والحيوانات. علاوة

على ذلك فإن بعض الأحياء الدقيقة، وبخاصة البكتيريا، لها القدرة على الاستفادة من متنوعات كبيرة من المواد الكيميائية كمصدر للطاقة متدرجة من المواد البسيطة غير العضوية إلى المواد المعقدة العضوية.

كما يمكننا أن ندرس في الأحياء الدقيقة بتفصيل كبير عملياتها الحيوية ونشاهدها في الوقت الذي تكون فيه نشطة أيضياً وحال نموها وتكاثرها وهرمها وموتها. بل يمكننا كذلك أن نغير بعض التفاصيل في نظامها الوراثي، كل ذلك دون أن تتحطم الكائنات. فالبكتيريوفاجات bacteriophages، على سبيل المثال، وهي فيروسات تصيب الخلايا البكتيرية وتتكاثر فيها توضح التتابع الكامل في تفاعلات العائل host والطفيل parasle، وتمدنا بنظام يمكن منه التكهن بتفاعلات الفيروس وخلية العائل في الإصابات التي تحدث في النباتات والحيوانات. ولذلك، فقد كانت ولازالت البكتيريوفاجات ذات قيمة لاتقدر لتوضيح وتفسير العديد من الظواهر الأحيائية مشتملة تلك المتعلقة بالوراثة.

وللأحياء الدقيقة مجالات أوسع في القدرات الفسيولوجية والكيموحيوية عن غيرها من كل الكائنات مجتمعة. فلبعض البكتيريا، مثلاً، القدرة على استخدام النيتروجين الجوى، ومنها أنواع تحتاج إلى مركبات النيتروجين العضوية أو غير العضوية لتستخدمها كقوالب بنائية ابتدائية لمكوناتها النيتروجينية. وعلى هذا، يمكن لبعض الأحياء الدقيقة أن تُخلّق كل المكونات التي تحتاجها، على حين يحتاج البعض الآخر لإمداده بالفيتامينات أو غيرها من عناصر النمو. وبمراجعة الاحتياجات الغذائية لمجموعات كبيرة من الأحياء الدقيقة فإنه يمكن ترتيبها بدءاً من تلك التي تكون احتياجاتها بسيطة جداً إلى غيرها ذات الإحتياجات العذائية المعقدة جداً. وأن هذا يعكس أيضاً اختلافاً موازياً في الأيض metabolism والتمثيل (التخليق synthesis) assimilation والإنزيمات enzymes. ويقول الأستاذ الدكتور سيلمان واكسمان Selman Waksman، مكتشف المضاد الحيوى ستربتومايسين وغيره والحائز على جائزة نوبل " إنه لا يوجد مجال في حياة الإنسان سواء كان صناعة أو زراعة أو غذاء أو مأوى أو ملبس أو الحفاظ على حياة الإنسان والحيوان ومكافحة الأمراض، إلا ونجد أن للأحياء الدقيقة دوراً مهماً أو أساسياً فيه.

موقع الأحياء الدقيقة في عالم الأحياء

يعني علم التصنيف Classification، في العلوم الأحيائية، الترتيب المنظم للوحدات الحية المدروسة في مجموعات من وحدات أكبر. ويرجع الفضل في التصنيف إلى العالم السويدي كارولاس لينياس Carolus Linnaeus (١٧٠٧- ١٧٧٨م)، والذي اتبع نظاماً في تقسيم وتسمية nomenclature النباتات والحيوانات، وقد طبق هذا النظام في تصنيف وتسمية الأحياء الدقيقة. والذي يتضمن التسمية الثنائية binomiah للاسم العلمي للكائن باللغة اللاتينية، ويتكون من كلمتين، الأولى اسم الجنس genus ويكتب أولها بحرف كبير والثانية اسم النوع species كمثال بكتيريا القولون المسماة إيشيريشيا كولاي *Escherichia coli* والذي يكتب بحروف مائلة italics.

وحتى القرن الثامن عشر، فإن تقسيم الكائنات الحية وضعها في واحدة من مملكتين هما المملكة النباتية Plant kingdom والمملكة الحيوانية Animal kingdom. وكما سبق ذكره، فإن الأحياء الدقيقة تكون صفاتها الغذائية شبه نباتية ومجموعات ثانية تكون صفاتها الغذائية حيوانية، وثمة مجموعة ثالثة تشارك في صفاتها النبات والحيوان ومجموعة رابعة متطفلة. وكما أنه توجد أنواع من الأحياء الدقيقة مثل الفيروسات والفيرويدات والبريونات، فإنها لا تنتمي لا إلى المملكة النباتية ولا إلى المملكة الحيوانية. وقد ظهرت على مراحل تاريخية نظماً مختلفة لتصنيف الأحياء الدقيقة نذكر منها:

مملكة بروتيستا لهيكل Haeckle's Kingdom Protista

إذ اقترح عالم الحيوان الألماني إرنست هيكل Ernest Haeckel ١٨٦٦م مملكة ثالثة سماها بروتيستا Protista لتضم الكائنات وحيدة الخلية التي لا تنتمي لا إلى المملكة النباتية ولا إلى المملكة الحيوانية. وكانت هذه الكائنات البروتيستا (= البدائية) تشمل البكتيريا والطحالب والفطريات والأوليات (أما الفيروسات فإنها كائنات ليست خلوية ولذلك فهي لا تنتمي للبروتيستا). ويشار إلى البكتيريا بأنها البروتيستا الدنيا أما الطحالب والفطريات والأوليات فتسمى البروتيستا العليا.

بدائيات النواة وحقيقيات النواة من البروتيستا Procaryotes and Eucaryotes From Protista

خلقت مملكة بروتيستا لهيكل عدة أسئلة بدون إجابة. فعلى سبيل المثال، لم تتوفر الأدلة criteria التي يمكن استخدامها للتمييز بين البكتيريا والخميرة أو بين بعض الطحالب المجهرية. ولم تتوفر أية أدلة مقنعة حتى في عام ١٩٤٠م عندما استخدم المجهر الإلكتروني لأول مرة لدراسة الأحياء والذي أوضح اختلافات جوهرية دقيقة في التركيب الداخلي الدقيق للخلايا. فقد اكتشف مثلاً، أن خلايا البكتيريا توجد بها المادة النووية غير محاطة بغشاء نووي. وأن هذا الاكتشاف — أي غياب الغشاء النووي من الخلايا البكتيرية — ووجوده في الفطريات والطحالب والأوليات يعتبر اكتشافاً ذا معنى مهم. كما أوضحت البحوث والدراسات الأخرى وجود العديد من الاختلافات الإضافية في التراكيب الداخلية بين هذين النوعين من الخلايا ذات الغشاء النووي والنواة الحقيقية (والتي سميت حقيقية النواة eucaryotae) والخلايا التي لا تحتوي على غشاء نووى أو نواة حقيقية (والتي سميت بدائية النواة procaryotae).

ويوضح الجدول رقم (٣) الصفات المميزة بين الأحياء الدقيقة بدائية النواة procaryotae والأحياء الدقيقة حقيقية النواة eucaryotae. وتعد البكتيريا والبكتيريا الزرقاء (الطحالب الخضراء المزرقة) من بدائيات النواة. أما الفطريات والطحالب والأوليات (ومثلها خلايا النبات والحيوان) فإنها من حقيقيات النواة. وقد تركت الفيروسات بعيدة عن هذا التقسيم؛ لأنها كائنات لا خلوية.

الجدول رقم (٣). الملامح المميزة بين خلايا بدائيات النواة وحقيقيات النواة.

الصفة	بدائيات النواة	حقيقيات النواة
١- المجموعات	البكتيريا والبكتيريا القديمة أركيا	الطحالب، والفطريات، والأوليات، النباتات، الحيوانات
٢- مدى حجم الكائن	١- ٢ في ١- ٤ ميكروميتر أو أقل	أكثر من ٥ ميكرون في العرض أو القطر
٣- موقع النظام الوراثي Location of genetic system	نيوكليويد nucleoid الجسم الكروماتيني Chromatin body	النواة nucleus، والميتوكوندريا mitochondria والبلاستيدات الخضراء chloroplasts
٤- تركيب النواة	* غير محاطة بغشاء نووي، كروموزوم واحد دائري circular ** لا يحتوي الكروموزوم على هيستونات ولا يوجد بها انقسام غير مباشر *** لا توجد نووية، قد تتجمع الجينات المرتبطة وظيفياً	محاطة بغشاء نووي، تحتوي على أكثر من كروموزوم شريطي linear تحتوي على هيستونات histones ويوجد انقسام نووي غير مباشر توجد نوية ولا تتجمع الجينات المرتبطة وظيفياً
٥- التكاثر الجنسي Sexuality	طبيعة اللاقحة جزئية التضاعف الصبغي merozygotic (partial diploid)	يوجد تكاثر جنسي متدرج على حسب التطور
٦- طبيعة السيتوبلازم وتركيباته Cytoplasmic nature and structures	سيتوبلازم فقري تنتشر فيه عضيات قليلة أهمها الريبوزومات ويحاط بغشاء سيتوبلازمي بدون حركة أميبية أو سيتوبلازمية	تركيبه مشابه ويحاط بغشاء سيتوبلازمي وبه عضيات مثل النواة والميتوكوندريا وجهاز جولجي وغيرها قد يظهر حركة سيتوبلازمية أو أميبية
٧- الانسياب السيتوبلازمي Cytoplasmic streaming	غير موجود	موجود
٨- الامتصاص بتكوين حويصلات من السوائل pinocytosis	غير موجود	موجود
٩- الفجوات الغازية	يمكن أن توجد	غير موجودة
١٠- الميزوزوم Mesosome	موجود	غير موجود
١١- الريبوزومات ribosomes	معامل ترسيبها ٧٠ إس في السيتوبلازم تتفكك إلى تحت وحدات ٣٠ إس و ٥٠ إس	الريبوزومات ٨٠ إس على الأغشية كالشبكه الداخلية البلازمية، تتفكك إلى ٤٠ إس، ٦٠ إس، ٧٠ إس في البلاستيدات والميتوكوندريا
١٢- الميتوكندريا	غير موجودة	قد توجد
١٣- البلاستيدات الخضراء	غير موجودة	موجودة
١٤- جهاز جولجي	غير موجود	موجود
١٥- الشبكه البلازميه الداخلية	غير موجودة	موجودة
١٦- الفجوات الحقيقة المحاطة بغشاء	غير موجودة	موجودة
١٧- التراكيب الخلوية الخارجية Outer cell structures الأغشية البلازمية	عادة لا تحتوي ستيرولات، تحتوي على جزء من آليات التنفس والبناء الضوئي	توجد بها ستيرولات ولا تؤدي تنفس أو تمثيل ضوئي

تابع الجدول رقم (٣).

الصفة	بدائيات النواة	حقيقيات النواة
١٨- الجدار الخلوي	ببتيدوجليكان (ميورين murein)	لا يوجد ببتيدوجليكان الخلية الحيوانية بدون جدار
١٩- عضيات الحركة	ليفية بسيطة	عديد من الليفيات multifibrils بنظام ٩ + ٢ من الأنيوبيات الدقيقة
٢٠- الأقدام الكاذبة	غير موجودة	موجودة
٢١- الآليات الأيضية Metabolic mechanisms	تنوع واسع خاصة في إنتاج الطاقة من التفاعلات اللاهوائية، بعضها تثبت غاز النيتروجين، وبعضها يخزن بولي بيتا هيدروكسي بيوتيريت poly- hydroxy butyrate كمادة تخزين	الجكيولوسيز (تحلل السكر) glycolysis هو مسار إنتاج الطاقة اللاهوائية
٢٢- قواعد د.ن.أ كنسبة مئوية من الجوانين والسيتوسين G+C % DNA base ratios as moles % of guanine + cytosine (G + C %)	٢٨ — ٧٣	نحو ٤٠
٢٣- فجوات غازية	تتكون بواسطة بعض الأنواع	غير موجودة
٢٤- الانقسام الخلوي	يتكون بواسطة بعض الأنواع	غير موجود
٢٥- تشمل آلية نقل الجين ومعاونة الارتباط، إن وجدت، تكوين أمشاج وتكوين لاقمة	لا	نعم

مفهوم ويتاكر للممالك الخمسة Whittaker's Five Kingdom's Concept

اقترح ويتّاكير Whittaker عام ١٩٦٩م نظام الممالك الخمسة للتقسيم.

Kingdom Animalia	Kingdom Fungi	Kingdom Pllantae
مملكة الحيوان	مملكة الفطريات	مملكة النبات
تأخذ المغذيات بالبلع Ingestion	تأخذ المغذيات بالامتصاص Absorption	تقوم بالتخليق الضوئي Photosynthetic

.....

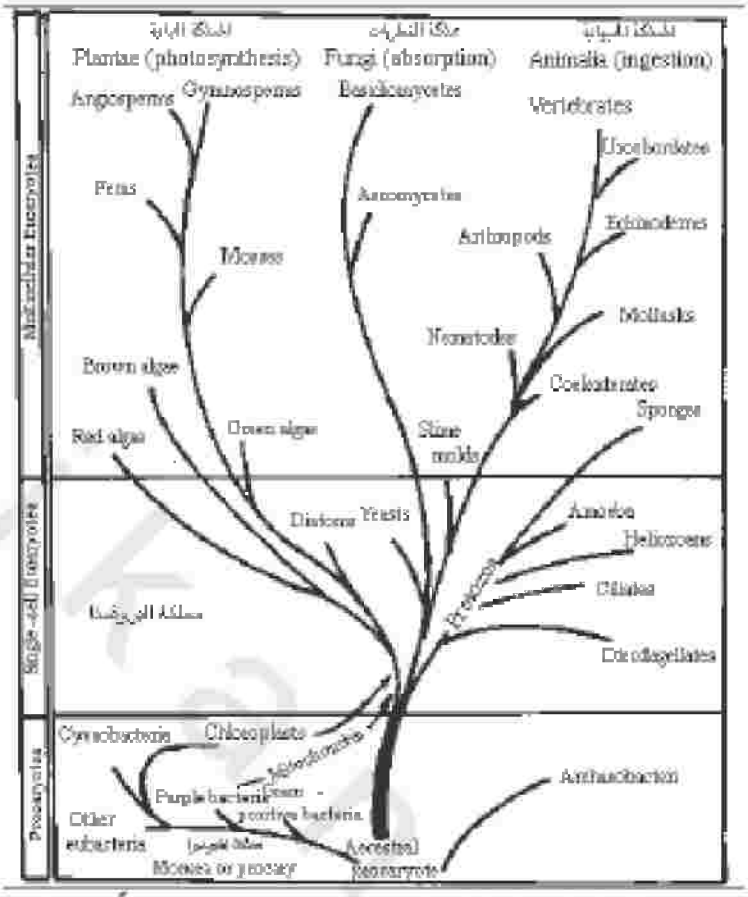
مملكة الطلائعيات Kingdom Protista

الطحالب الدقيقة والأوليات

.....

مملكة مونيرا Kingdom Monera

بكتيريا وبكتيريا خضراء مزرقة، (انظر الشكل رقم ١٠) نظام الممالك الخمسة لويتاكير.



الشكل رقم (١٠). نظام المالك الخمسة لويتاكر (عن: Prescott, et al., 1996 نقلاً عن رابلسي ٢٠٠١).

وفيه قسم ويتاكير الأحياء إلى ٥ ممالك هي بالترتيب التالي:

١- مملكة مونيرا Monera وتضم البكتيريا الخضراء المزرقة (الطحالب الخضراء المزرقة سابقاً).

٢- مملكة بروتيستا Protista وتشمل الطحالب الدقيقة والأوليات.

٣- مملكة الفطريات Fungi.

٤- مملكة النبات Plantae.

٥- مملكة الحيوان Animalia.

مجموعات الأحياء الدقيقة

Groups of Microorganism

تشمل الأحياء الدقيقة كلاً من الطحالب والفيروسات والبكتيريا والأوليات والفطريات وعادة ما يطلق عليها الكائنات الحية الابتدائية أو الدنيا أو الطلائعيات (بروتيستا Protista)، ولو أن الفيروسات ليست من ضمن البروتيستا أو الكائنات إلا أنها ضمت معها لسببين:

١- ميكروبيولوجية الطرق والتقنيات التي تستخدم لدراسة الفيروسات: أن الفيروسات عوامل مسببة للأمراض ومن ثم فإن الطرق التشخيصية للتعرف عليها تستخدم أيضاً في معامل الأحياء الدقيقة الإكلينيكية clinical وكذلك معامل أمراض النبات.

٢- لأن الفيروسات كائنات دقيقة حية لا خلوية.

نظم تصنيفية حديثة

Modern Taxonimic Systems

اعترض العلماء على نظام الممالك الخمسة لويتاكير Robert H. Whittaker (عام ١٩٦٩م) للأسباب التالية:

١- عدم وجود حد فاصل بين مجموعتي البكتيريا، وهما البكتيريا القديمة أركيوبكتيريا Archeobacteria (اختصار أركيا Archea)، والبكتيريا الحقيقية Eubactereria.

٢- التنوع الشديد غير المتجانس في مملكة الطلائعيات (بروتيستا Protista) بحيث لا يمكن اعتبارها سليمة من وجهة نظر التقسيم.

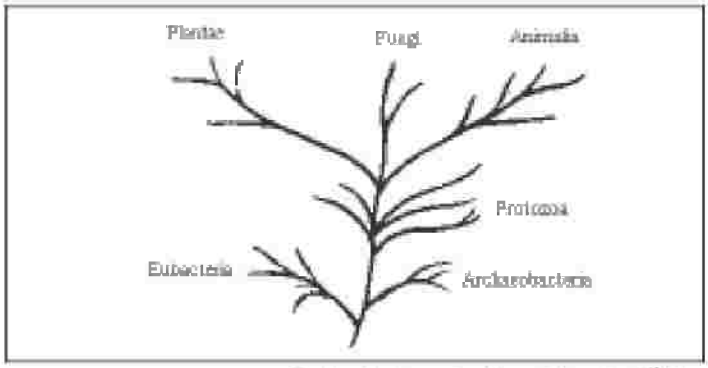
٣- عدم وجود حدود فاصلة واضحة بين الممالك الثلاث (أي البروتيستا والفطريات والمملكة النباتية)، حيث أدى هذا لوجود تداخل في الوضع التقسيمي لبعض الكائنات الحية. وفيما يلي النظم الحديثة التي تم اقتراحها:

أولاً: نظام الممالك الستة Six Kingdoms System

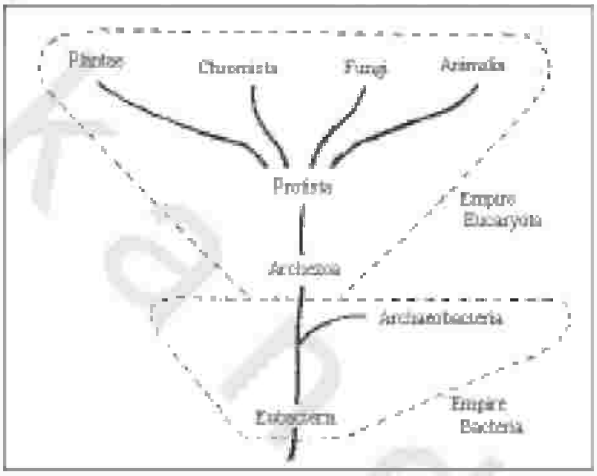
وفيه انشطرت مملكة مونيرا Monora إلى مملكة البكتيريا الحقيقية ومملكة البكتيريا القديمة أركيوبكتيريا (الشكل رقم ١١).

ثانياً: نظام الممالك الثمانية Eight Kingdoms System

وقد اقترحه كافالييـر- سميث Cavalier-Smith عام ١٩٨٧م (الشكل رقم ١٢) اعتماداً على الخصائص التركيبية الدقيقة ultrastructuras characteristics للخلايا، مثل تركيب ر.ن.أ الريبوزومي (ribosomal RNA = r RNA) وبعض الصفات الوراثية لتحديد صلات القربى والتباعد بين الكائنات الحية. وقد تم تقسيم الكائنات إلى إمبراطوريتين (2 empires) وثمانية ممالك. وتضم الإمبراطورية الأولى البكتيريا التي تنقسم إلى مملكتين الأولى هي البكتيريا القديمة (أركيوبكتيريا Archeobacteria) والثانية هي البكتيريا الحقيقية (Eubacteria). أما الإمبراطورية الثانية فتضم الكائنات حقيقية النواة Eucaryota، والتي تتفرع إلى ست ممالك هي: المملكة الحيوانية، والمملكة النباتية، ومملكة الفطريات، ومملكة أركيزوا Archezoa ومملكة الأوليات ومملكة كروميستا Chromista.



الشكل رقم (١١). نظام تقسيم الممالك الستة (عن : Prescott. et al., 1999).



الشكل رقم (١٢). نظام تقسيم الممالك الثمانية (عن : Prescott. et al., 1999).

وقد ضم هذا التقسيم مملكتين جديدتين هما :

١– مملكة أركيزوا Archezoa

وتحتوي على كائنات وحيدة الخلية، حقيقية النواة لكنها تفتقر إلى وجود أجسام جولجي أو بلاستيدات أو ميتوكوندريا أو البيروكسيزومات peroxisomes (وهي أغشية تحتوي على حبيبات وتؤدي دوراً في عملية التنفس).

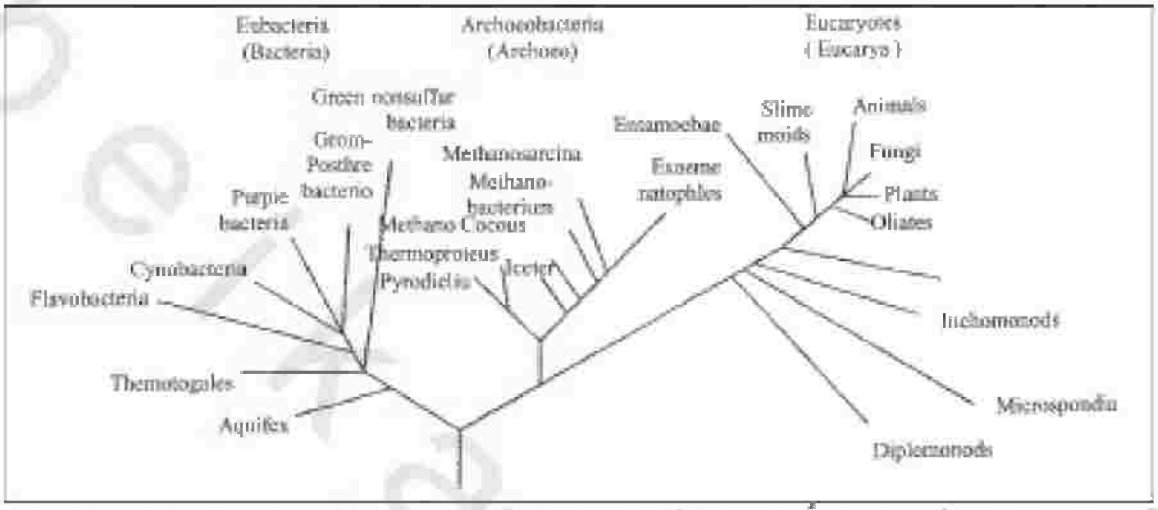
٢– مملكة كروميستا Chromista

وتحتوي أساساً على كائنات ضوئية التمثيل photosynthetic، حيث توجد البلاستيدات فيها داخل صفائح الشبكة البلازمية الداخلية بدلاً من انتشارها في السيتوبلازم كما هو الحال في المملكة النباتية وتضم الدياتومات والطحالب البيئية والفطريات البيضية Oomycetes ومجموعة كريبتوموناد Cryptomonads.

ثالثاً: نظام المجالات الرئيسة Domains System

وقد اقترحه كلاً من ويز Woese وأولسين Olsen عام ١٩٩٠م، حيث قسمت فيه الكائنات الحية إلى تحت ثلاث إمبراطوريات أطلق عليها مصطلح مجالات رئيسة domains، شملت البكتيريا الحقيقية Eubacteria (بكتيريا

bacteria)، والبكتيريا القديمة أركيوبكتيريا Archeobacteria (أركيا Archea)، وحقيقيات النواة Eucaryotes (يوكايا Eucaya). وذلك اعتماداً على توصيف مزيد من الصفات الوراثية والكيموحيوية وتركيب ر.ن.أ الريبوزومي (rRNA) ribosomal RNA كما في الشكل رقم (١٣).



الشكل رقم (١٣). تقسيم الكائنات الحية تبعاً لوز Woese وأولسين Olsen على أساس تركيب د.ن.أ الريبوزومي rRNA (عن: Alcam, 2001).

وفيما يلي وصفاً موجزاً للصفات الجوهرية لمجموعات الأحياء الدقيقة:

١- الطحالب Algae

تعد الطحالب كائنات بسيطة نسبياً. وأكثر أنواعها بدائية تلك التي تكون وحيدة الخلية. وبعض الطحالب الأخرى تكون عبارة عن تجمعات aggregations من خلايا متشابهة يوجد بها قليل من التمايز differentiation في التركيب والوظيفة، فضلاً عن ذلك فإن مجموعة أخرى من الطحالب، مثل الأعشاب البحرية البنية (Kelp)، فإنها تكون ذات تركيبة معقدة وخلايا متنوعة متخصصة في وظائف معينة. وبصرف النظر عن الحجم والتعقيد فإن خلايا الطحالب تحتوي على الكلوروفيل وقادرة على أداء التمثيل الضوئي. وتوجد الطحالب بصفة عامة في البيئات المائية أو التربة الرطبة.

٢- الفيروسات Viruses

هي عبارة عن كائنات حية دقيقة صغيرة جداً لا خلوية متطفلات parasites إجبارية أو مُمْرِضات pathogens للنباتات والحيوانات والإنسان والبكتيريا وسائر الأحياء الدقيقة الأخرى. والفيروسات صغيرة جداً بحيث لا يمكن أن ترى فقط إلا بالمجهر الإلكتروني. ولا يمكن زراعة الفيروسات إلا في الخلايا الحية.

٣- البكتيريا Bacteria

البكتيريا كائنات بدائية النواة "بروكاريوت procaryote" أو تجمعات من خلايا متشابهة. وتتكاثر الخلايا عادة بالانقسام الإنشطاري الثنائي binary fission.

٤- الأوليات Protozoa

هي كائنات حقيقية النواة "إيوكاريوت" eucaryote وحيدة الخلية. ويمكن تمييزها على أسس شكلية (مظهرية morphology) أو غذائية nutritional (فسيولوجية). وتتنوع أدوار الأوليات في الطبيعة ومن أشهر أنواع الأوليات تلك القلة التي تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان.

٥- الفطريات Fungi

تعد الفطريات نباتات دنيا حقيقية النواة (يوكاريوت eucaryote). وهي عادة عديدة الخلايا لكنها لا تتمايز إلى جذور أو سيقان أو أوراق. ويتراوح حجمها وشكلها من الخمائر yeasts المجهرية وحيدة الخلية إلى عيش الغراب mushrooms والفقع puffballs العملاقة عديدة الخلايا. ومن الكائنات التي تحظى باهتمام خاص ما تسمى عادة بالأعفان molds، وفطريات البياض mildews والخمائر yeasts ومُمْرِضات النبات التي تسمى الأصداء rusts. وتتكون الفطريات من خيوط وكتل من الخلايا التي يتكون منها جسم الكائن والتي تسمى غزلاً فطرياً "ميسيليوم mycelium". وتتكاثر الفطريات بالانشطار الثنائي fission، والتبرعم budding أو عن طريق جراثيم spores تُحْمل على تراكيب ثمرية fruiting structures والتي تكون عادة مُميِّزة distinctive لبعض الأنواع المعينة. ويبين الجدول رقم (٤) أهم الصفات الشكلية والملامح المميزة لهذه المجموعات الميكروبية:

الجدول رقم (٤). بعض مميزات المجموعات الكبرى للأحياء الدقيقة (بتصرف عن: Pelczar, et al., 1997).

المجموعة	الشكل الظاهري	الحجم	أبرز المميزات	الأهمية التطبيقية
١- البكتيريا Bacteria	أشكال مميزة متنوعة	٠,٥ — ١,٥ ميكرون × ١—٣ ميكرون المدى: ٠,٢ × ١٠٠ ميكرون	١- بدائية النواة ٢- وحيدة الخلية ٣- تركيبها الداخلي بسيط ٤- تنمو على أوساط غذائية صناعية ٥- تتكاثر لاجنسياً بانقسام الخلية البسيط	١- بعضها يسبب أمراضاً ٢- بعضها يسهم في تدوير العناصر في الطبيعة وتسهم في خصوبة التربة ٣- تسهم في صناعة الكثير من المركبات المهمة ٤- البعض يفسد الطعام والبعض يدخل في صناعة الطعام ٥- البعض ينتج مضادات حيوية
٢- الفيروسات Viruses	أشكال مميزة	المدى: ٠,٠١٥ —٠,٢ ميكرون (١٥—٢٠٠ نانومتر)	١- أجسام دقيقة جداً وليست خلايا ٢- لا تنمو على الأوساط الصناعية العملية ٣- تحتاج إلى خلايا حية لتتكاثر فيها ٤- متطفلات إجبارية داخل خلوية ٥- تحتاج رؤيتها للمجهر الإلكتروني	تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات وتصيب الأحياء الدقيقة الأخرى وكل الكائنات الحية

تابع الجدول رقم (٤).

المجموعة	الشكل الظاهري	الحجم	أبرز المميزات	الأهمية التطبيقية
٣- الفطريات Fungi	أشكال مميزة	المدى:	١- حقيقية النواة	١- إنتاج المشروبات الكحولية
(أ) الخمائر yeasts		٥-١٠ ميكرون	٢- وحيدة الخلية	٢- في صناعة الخبز
			٣- تزرع بالمعمل على منابت غذائية مثل البكتيريا	٣- بعضها يسبب أمراضاً
			٤- تتكاثر بالانقسام الخلوي اللاجنسي أو بالتبرعم أو بالعمليات الجنسية	
الفطريات	أشكال مميزة	المدى:	١- حقيقية النواة	١- مسؤولة عن فساد وتحلل العديد من المواد
(ب) الأعفان molds		٢-١٠ إلى العديد من الميليميترات	٢- عديدة الخلايا	٢- مفيدة في التجمعات الصناعية للعديد من الكيماويات كالبنيسيللين
			٣- تتميز بالعديد من الملامح التركيبية المميزة	٣- بعضها يسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات
			٤- تزرع على منابت غذائية مثل البكتيريا	
			٥- تتكاثر لاجنسيا وجنسياً	
٤- الأوليات protozoa	أشكال مميزة	المدى:	١- حقيقية النواة	١- غذاء للحيوانات المائية
		٢-٢٠٠ ميكرون	٢- وحيدة الخلية	٢- بعضها يسبب أمراضاً للحيوان وللإنسان
			٣- يمكن زراعتها في المعمل مثل البكتيريا	
			٤- بعضها متطفلة داخل خلوية	
			٥- تتكاثر بطرق لاجنسية وجنسية	
٥- الطحالب Algae	أشكال مميزة	المدى:	١- حقيقية النواة	١- مهمة في إنتاج الغذاء في البيئات المائية
		١ ميكرون إلى عدة أمتار	٢- وحيدة الخلية ومتعددة الخلايا	٢- تستخدم كمصدر للغذاء
			٣- توجد غالباً في بيئات مائية	٣- تستخدم لإنتاج العقاقير الطبية
			٤- تحتوي على كلوروفيل وتقوم بالتمثيل الضوئي	٤- مصدر للآجار المستخدم في عمل الأوساط الغذائية الميكروبيولوجية
			٥- تتكاثر لاجنسياً وجنسياً	٥- البعض ينتج مواداً سامة

ويتخصص علماء الأحياء الدقيقة في دراسة بعض المجموعات من الأحياء الدقيقة وليست جميعها. فعلم البكتيريا Bacteriology يختص بدراسة البكتيريا، ولو أن مصطلح بكتريولوجي قد يكون مرادفاً لمصطلح ميكروبيولوجي خاصة ما درجت عليه كليات الطب في الزمن القديم. أما علم الأوليات Protozoology فهو يختص بدراسة الأوليات، وثمة فرع من علم الأوليات، هو علم الطفيليات Parasitology الذي يتعامل بصفة قاطعة مع

الأوليات الطفيلية أو المسببة لأمراض وغيرها من الكائنات الدقيقة والكبيرة المتطفلة. أما علم الفطريات Mycology فهو يختص بدراسة الفطريات fungi مثل الخمائر yeasts والأعفان molds وعلم الفيروسات Virology وهو علم يتعامل مع الفيروسات وأصغر الكائنات الحية الدقيقة غير التقليدية التي لا ترى إلا بالمجهر الإلكتروني. وعلم الطحالب Phycology أو Algology هو دراسة الطحالب algae وكما أن مزيداً من التخصص في أحيائية أية مجموعة من الكائنات الدقيقة يعد شيئاً عادياً مثل الوراثة البكتيرية bacterial genetics وفسيولوجي الطحالب algal physiology أو سيتولوجيا البكتيريا bacterial cytology وهكذا.

توزيع الأحياء الدقيقة في الطبيعة

Distribution of Microorganisms in Nature

توجد الكائنات الدقيقة تقريباً في كل مكان في الطبيعة. فهي تُحمل بالتيارات الهوائية من سطح الأرض إلى طبقات الجو العليا. حتى أن الأحياء الدقيقة الموجودة خاصة بالمحيط indigenous to ocean قد توجد بعيداً لعدة أميال على قمم الجبال. وتوجد كذلك الميكروبات microbes (الأحياء الدقيقة) في قاع المحيطات في أعمق أعماقها، وينسحب ذلك أيضاً على التربة الخصبة fertile. والكائنات الدقيقة الموجودة تُحمل في القنوات المائية والأنهار إلى البحيرات وإلى المساحات الكبيرة من المياه. وإذا كانت فضلات الإنسان، المحتوية على بكتيريا وفيروسات ضارة، قد ألقي بها في القنوات المائية، فإن الأمراض تنتشر بذلك من مكان إلى آخر. وتوجد الكائنات الدقيقة بوفرة كثيرة حيثما يوجد الغذاء، والرطوبة moisture ودرجة الحرارة المناسبة لنموها وتكاثرها. وحيث إن الظروف conditions التي تشجع بقاء survival ونمو العديد من الكائنات الدقيقة هي نفسها التي يعيش تحت ظروفها الناس عادة، لذلك فلا مناص من أننا نعيش بين العديد من الأحياء الدقيقة. إذ توجد الميكروفلورا microflora (أي مجتمعات الأحياء الدقيقة الطبيعية) على سطوح أجسامنا، في القنوات الهضمية، وفي أفواهنا، وفي أنوفنا وفي كل فتحات الجسم الأخرى. ولحسن الحظ فإن أغلب الأحياء الدقيقة تكون غير ضارة، كما أننا نمتلك وسائل لمقاومة الغزو الذي قد يحدث من الكائنات شديدة الضرر.

المجالات التطبيقية للأحياء الدقيقة

Applied Areas of Microbiology

تؤثر الأحياء الدقيقة في حياة الناس بطرق عديدة قوية. وكما سبق ذكره، فإنها توجد بأعداد كبيرة في أغلب البيئات الطبيعية والتي تؤدي فيها إلى العديد من التغيرات بعضها مرغوب فيها والأخرى غير مرغوب فيها. وتتراوح هذه النشاطات المتنوعة من إحداث أمراض للإنسان أو الحيوان أو النبات إلى إنتاج وترسيب المعادن وتكون الفحم، وتحسين خصوبة التربة. وتوجد في الطبيعة أعداد أكثر من تلك الأنواع المسببة للأمراض. وتضم المجالات التطبيقية للأحياء الدقيقة التخصصات التالية:

١- الميكروبيولوجيا الطبية Medical Microbiology

وهو فرع يعنى بدراسة الأحياء الدقيقة كمُمْرِضات pathogens وعوامل مسببة للمرض سواء للإنسان أو للحيوان، كذلك وسائل المنع preventive والتحكم (المكافحة) control والعلاج therapy . ويبين الجدول رقم (٥) أشهر الأمراض المعدية الميكروبية وعدد الوفيات التي تسببها في العالم، والحقيقة أن هذه الأعداد قد تزايدت بمعدل كبير عن ذلك في السنوات الأخيرة.

الجدول رقم (٥). عدد الوفيات في العالم نتيجة الإصابة بالكائنات الدقيقة المُمْرِضة (تقرير لمنظمة الصحة العالمية عام ١٩٩٤م نقلاً عن Talaro and Talaro, 1996).

المرض أو الكائن المُمْرِض	عدد الوفيات
التزلات المعوية	٥ مليون
الالتهاب الرئوي	٤ر٨ مليون
السل	٣ مليون
الملاريا	٢ مليون
الالتهاب الكبدي الوبائي – ب	٢ مليون
الحصبة	١ر٥ مليون
التيتانوس (الكزاز)	٧٧٥ ألف
السعال الديكي	٥٠٠ ألف
الإيدز	٢٠٠ ألف
البلهارسيا	٢٠٠ ألف
الأميبا	١١٠ ألف
الديدان الخطافية	٦٠ ألف
أمراض مختلفة	١٢٥ ألف

ملحوظة: هذه النسب تتزايد سنوياً كما تختلف نتيجةً للمكافحة أو بسبب ظهور أمراض جديدة.

٢- ميكروبيولوجي المياه Aquatic Microbiology

وهو فرع يعنى بالأحياء الدقيقة الموجودة في المياه العذبة والبحيرات ومياه الصرف والصرف الصحي. كما يعنى بتنقية المياه منها. ويهتم أيضاً بالفحص الميكروبي للمياه والتحلل البيولوجي للمفضلات وكذلك البيئة الخاصة بالأحياء الدقيقة.

٣- ميكروبيولوجي الهواء Aeromicrobiology

يهتم بتلوث وفساد الهواء وكذلك بانتشار الأمراض خلال الهواء والمنقولة عن طريق التنفس.

٤- ميكروبيولوجيا الغذاء Food Microbiology

ويعنى بحفظ وإعداد الغذاء والأمراض المحمولة بالغذاء وطرق منعها. إضافة إلى ذلك يعنى باستخدام وتنمية الأحياء الدقيقة كمصادر غذائية وفي التقنيات الحيوية الغذائية.

٥- الميكروبيولوجيا الزراعية Agricultural Microbiology

وتعنى بخصوبة التربة وبأمراض النبات والحيوان.

٦- الميكروبيولوجيا الصناعية Industrial Microbiology

وتهتم بصناعة المنتجات الطبية مثل المضادات الحيوية antibiotics واللقاحات (المحصّنات = الطعوم = vaccines) والأمصال المضادة antisera والمشروبات المخمرة، والكيماويات الصناعية والمنتجات البروتينية والهرمونية بواسطة الأحياء الدقيقة المهندسة وراثياً Genetically engineered.

٧- ميكروبيولوجيا الفضاء Exomicrobiology

والذي يعنى بوجود حياة للكائنات الدقيقة في الفراغ الخارجي للكرة الأرضية (Space Microbiology).

٨- ميكروبيولوجيا كيمياء طبقات الأرض Geochemical Microbiology

ويعنى بدراسة تكوينات الفحم، والغاز والتوقعات لرسوبيات الفحم والزيت والغاز، واستخلاص المعادن من الخامات التي توجد بها كميات قليلة أو شوائب.