الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة حماة
كلية الزراعة

علم الأحياء الدقيقة

MICROBIOLOGY

(الجزء النظري)

المحاضرة الثانية

إعداد

الدكتور عبد الواحد الطحلي

دكتوراه باختصاص الأحياء الدقيقة

جامعة حماة 2019 – 2020

خصائص وتصنيف الكائنات الدقيقة

Characteristic and Classification of Microorganisms

1- مقدمة:

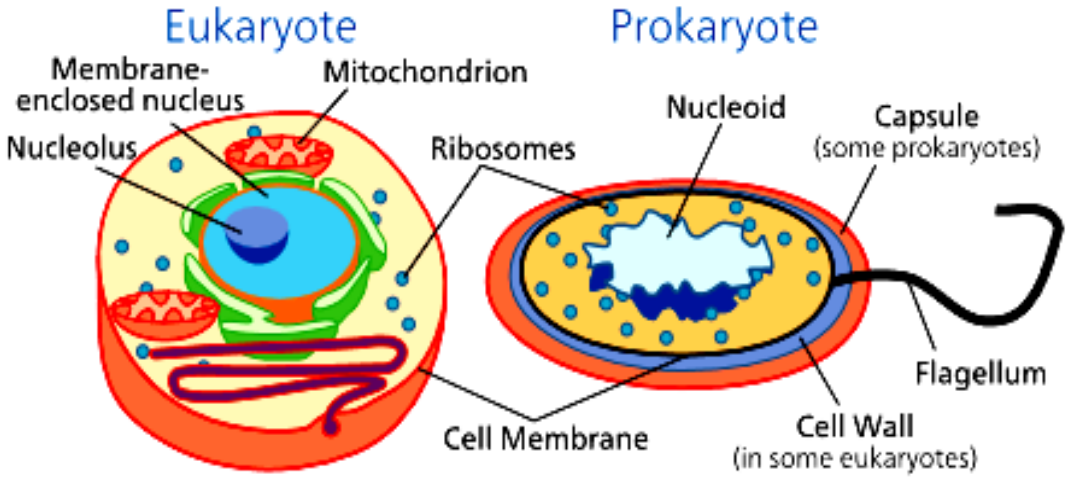
التصنيف هو وسيلة لترتيب مختلف أنواع الكائنات الموجودة في الطبيعة. يتطلب التصنيف معرفة خصائص الكائن الدقيق حتى يمكن مقارنتها بالكائنات الأخرى لاكتشاف أوجه الشبه والاختلاف بينهما، والإنسان بطبعه يرغب في ترتيب الكائنات المتشابهة مع بعضها والتمييز بين كل مجموعة وأخرى وبين فرد وآخر.

إنّ الهدف من التصنيف بشكل عام هو تنظيم الكائنات في مجموعات تقسيميه بحيث يكون أفرادها متقاربة. يهتم علم التنظيم Systematics بدراسة الميكروبات المختلفة ويبحث عن صلة القرابة بينها، وهو مصطلح يُقصد فيه أيضاً التقسيم Taxonomy الذي يختص بترتيب الكائنات في مجموعات مقسَّمة Taxa، ويضم علم التنظيم أو التقسيم تعريف الكائنات Identification، وتسميتها Nomenclature، ثم تصنيفها Classification وهي ثلاثة مجالات منفصلة لكنها متداخلة في الوقت نفسه. تتطلب عملية تعريف الميكروب معرفة صفات أو خصائص الميكروب بحيث يمكن مقارنتها مع صفات الميكروبات المعروفة سابقاً وإذا تبيَّن أن الميكروب له صفات تختلف عن صفات الميكروبات المعروفة يُعتبر جديداً وفي هذه الحالة يتمّ تصنيفه، وتحتاج عملية التصنيف تسمية الميكروب بما يتفق مع نظام التسمية المعروف عالمياً ويوضع في المكان المناسب في هيكل التقسيم.

1-1- الأحياء بدائية النواة والأحياء حقيقية النواة:

تتألف جميع الكائنات الحية بغض النظر عن كونها مجهرية أو أحياء راقية من خلايا بدائية النواة وخلايا حقيقية النواة باستثناء أنواع من الجراثيم بما في ذلك السيانوبكتريا إذ تتألف من خلايا بدائية النواة، وما بين النمطين المذكورين اختلافات واضحة على مستوى التركيب الوراثي وتركيب الجدار وحجم الخلايا وغيرها (الشكل 1)، إلا أنّ الفارق الأهم يكمن في احتواء الخلايا حقيقية النواة على المادة النووية بصورة صبغيات مؤلفة من DNA وبروتينات قاعدية عبارة عن الهيستونات، وتكون الصبغيات مجتمعة في موقع معين من الخلية هو النواة محاطة بغشاء يدعى الغشاء النووي، كما تحتوي حقيقية النواة على عضيات أخرى محاطة بغشاء تدعى الجسيمات الكوندرية (الميتوكوندريا) والصانعات الخضراء، ومثل هذه العضيات لا توجد في الخلايا بدائية النواة التي تكون مادتها الوراثية

غير محاطة بغشاء على شكل جزيئة واحدة من DNA دائرية غير مرتبطة بالهيستونات متصلة بالغشاء السيتوبلاسمي في نقطة محددة توفر لها الاستقرار داخل الخلية (الجدول 1).



الشكل (1) الفرق بين خلية الأحياء بدائية النواة وخلية الأحياء حقيقية النواة.

الجدول (1) الفروقات بين الأحياء بدائية النواة والأحياء حقيقية النواة

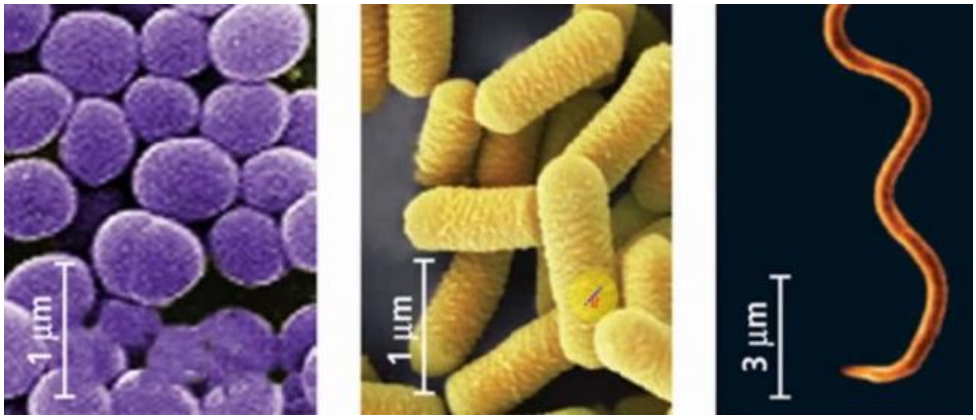
الخواص	الأحياء بدائية النواة	والأحياء حقيقية النواة
الحجم	بين 10– 100 ميكرومتر	أكبر من 100 ميكرومتر
النواة	– لا يوجد غشاء نووي. – وجود صبغي واحد. – لا توجد بروتينات الهيستون.	– يوجد غشاء نووي. – وجود صبغيات متعددة. – توجد بروتينات الهيستون.
الجسيمات الكوندرية، جهاز غولجي، الشبكة الإندوبلازمية	لا توجد	توجد
جدار الخلية	الجدار معقد كيميائياً يحتوي على سكريات ببتيدية	إذا وجد يتكون من سليلوز أو كيتين
الجسيمات الريبية	صغيرة الحجم لها ثابت ترسيب 70S	كبيرة الحجم لها ثابت ترسيب 80S
التنفس	مرتبط بالغشاء السيتوبلاسمي	مرتبط بالجسيمات الكوندرية
النسبة المئوية G + C %	28 إلى 73	حوالي 40

2- خصائص وتعريف الكائنات الدقيقة:

إنّ تعريف أي نوع من أنواع الكائنات الدقيقة يحتاج إلى عزله أولاً والحصول على مستنبت نقي Pure cultivation للميكروب المراد دراسته، ثمّ اللجوء إلى عدد من الاختبارات التي تُستخدم في مختبرات الأحياء الدقيقة لمعرفة خصائص الكائن الدقيق، ثمّ استخلاص المعلومات اللازمة للتعرّف على نوع الميكروب المعزول، وبما أنّ الكائنات الدقيقة تقوم بدوراً مهماً في بيئتها فلابد من معرفة الخصائص التي تمكنها من القيام بهذه النشاطات، وتشمل الخصائص العامة المستخدمة في تعريف الأحياء الدقيقة ما يلي: الخصائص الشكلية وخصائص الاستنبات والخصائص الاستقلابية الأيضية والخصائص الكيميائية الحيوية والخصائص المصلية والخصائص الوراثية.

أ- الخصائص الشكلية Morphological Characteristics:

تتعلق الصفات الشكلية بشكل وحجم وترتيب الخلايا (الشكل 2)، ويُعَدُّ التفاعل مع صبغة غرام بالنسبة للجراثيم كافي ليعطي فكرة عن وجود الأبواغ الداخلية أو المحفظة أو الأسواط.



الشكل (2): بعض أشكال الجراثيم

ب- خصائص الاستنبات cultivation Characteristics:

تشمل احتياجات النمو مثل درجة الحرارة والحاجة للأوكسجين ودرجة الحموضة وغيرها، بالإضافة إلى شكل المستعمرة وحجمها ولونها.

ت- الخصائص الاستقلابية الأيضية Metabolic Characteristics:

يُقصد فيها التفاعلات الكيميائية التي تجريها الكائنات الدقيقة مثل تخمير الكربوهيدرات وتحليل النشاء والجيلاتين وإنتاج الأحماض والغاز وإفراز الإنزيمات وغيرها تساعد في التفريق بين أنواع الكائنات الدقيقة عندما يصعب التمييز فيما بينها من حيث الشكل وصفات الاستنبات.

ث- الخصائص الكيميائية Chemical Characteristics:

تحتوي الخلايا الميكروبية على مركبات عضوية مختلفة ويختلف التركيب الكيميائي للخلية من نوع لآخر، وقد تطورت تقنيات تحطيم خلايا الكائنات الدقيقة والجدر الخلوية والمادة الوراثية وتحليلها كيميائياً للحصول على معلومات تساعد في تحديد خصائص الكائن الحي وتمييزها.

ج- الخصائص المصلية Serology Characteristics:

تعتمد الطرائق المصلية على امتلاك خلايا الكائنات الدقيقة لمكونات كيميائية تسمى مولدات الضد Antigens تحث الحيوانات الفقارية لإنتاج أجسام مضادة تستخدم في الدراسات المصلية.

ح- الخصائص الوراثية Genetic Characteristics:

تحدد المورثات صفات الميكروب وخصائصه ولكل كائن حي تتابع مميّز للقواعد الآزوتية فالتشابه في تتابع هذه القواعد لخليتين يؤخذ كمعيار للتقارب الوراثي بينهما، واستخدام التقانات الحديثة لدراسة العلاقات الوراثية أدى إلى توفر معلومات كثيرة تستوجب إعادة النظر في التصنيف.

3- تسمية الأحياء الدقيقة:

يتكون اسم الكائن من اسمين يشير الاسم الأول إلى الجنس Genus والثاني إلى النوع Species، لأنّ الأسماء كانت تكتب باللغة اللاتينية، ويعود فضل نظام التسمية المعتمد عالمياً إلى عالم النبات السويدي كارلوس لينيوس Carolus Linnaeus (1735م)، ومن شروط التسمية ما يلي:

1- اسم الجنس يبدأ بحرف كبير Capital واسم النوع يبدأ بحرف صغير.

2- اسم الجنس يمكن اختصاره واسم النوع لا يمكن اختصاره.

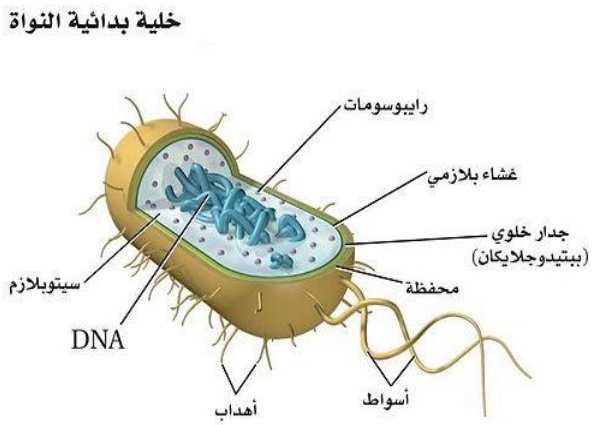
3- اسم الجنس واسم النوع يوضع تحتهما خط أو تكتب بشكل مائل.

4- اسم الجنس واسم النوع يدل على مكتشفها أو خصائصها.

مثال: جراثيم *Escherichia coli* اسم الجنس*Escherichia* يشير الى مكتشفها العالم ايشري، واسم النوع *coli* يشير إلى مكان وجودها في القولون. تتطلب طرائق التصنيف معرفة معلومات كاملة عن الكائن الحي المراد تسميته وتصنيفه لذلك يجب دراسة الخصائص الخارجية والبنية الداخلية للكائن الدقيق كالصفات الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية، وهذه الدراسة تسمح لنا بتسمية الكائن الدقيق بشكل ملائم كما ترشدنا إلى وضعه في المجموعة التصنيفية المناسبة.

4- تصنيف الأحياء الدقيقة:

كانت الكائنات الحية تُصنّف في مملكتين هما المملكة الحيوانية والمملكة النباتية وكان يعتمد هذا التصنيف على عملية التركيب الضوئي، ومع اكتشاف الأحياء الدقيقة حاول العلماء إيجاد موقع تصنيفي لها بين الكائنات الراقية ضمن المملكتين الحيوانية والنباتية فقد عُدت الكائنات الحية وحيدة الخلية التي تحتوي على غلاف مرن شبيه بغلاف الخلايا الحيوانية مثل الابتدائيات Protozoa من الحيوانات وصُنفت ضمن مملكتها، أما الطحالب Algae فقد صُنفت مع النباتات لقدرتها على التركيب الضوئي ولامتلاكها جدار صلب للخلية مثل الخلايا النباتية كما صُنِّفت الفطريات والجراثيم مع المملكة النباتية لأسباب غير واضحة فالفطريات غيرية التغذية ولا تتحرك فهي ليست حيوانات وهي تحتوي على مادة الكيتين الموجودة في الحشرات وغير الموجودة في النباتات وتخزن الغليكوجين على عكس النباتات التي تخزن النشاء، وأدى هذا الأمر إلى صعوبات حقيقية تواجه الباحثين في تصنيف الكائنات الدقيقة لهذا السبب قام باحث نبات ألماني اسمه هايكل Haeckel في عام 1866 بوضع تصنيف للكائنات الدقيقة المكتشفة في زمانه حيث وضع هذه الكائنات في مملكة مستقلة عن مملكة النباتات والحيوانات وسماها الكائنات الأولية Protista (نظام الممالك الثلاث)، وصُنفت الجراثيم في بدايات علم التصنيف من المملكة البدائية التي تُسمى Protista حيث احتوت هذه المملكة على قسمين هما حقيقيات النواة Eukaryotic وغير حقيقيات النواة Prokaryotic واعتَمَد هذا التصنيف على الفرق التشريحي الخلوي، وقد وُصف النوع الثاني Prokaryotic بعدم احتوائه على غشاء نووي محدد يحوي بداخله المواد النووية وتنظيم جيناته ليس محدداً بدقة كما هو الحال في الكائنات الأكثر رقياً، واعتبرت الجراثيم Bacteria والطحالب الخضراء المزرقة Blue-green algae من هذا القسم، أما القسم الأول (حقيقيات النواة) فقد احتوى على الكائنات الدقيقة التي يوجد فيها غشاء نووي وكروموسومات وهذا القسم يحوي الأوليات الحيوانية Protozoa، والفطريات Fungi، والطحالب Algae غير الخضراء المزرقة.



وضع العالم Robert H. Whitaker في عام 1969 تصنيف الممالك الخمس اعتماداً على تنظيم الخلايا وطرائق التغذية وهذه الممالك مقسمة إلى ثلاثة مستويات من الرقي تشمل الأولى مملكة مستقلة هي المونيرا Monera وتضم الكائنات الحية بدائية النواة Prokaryotic ويشمل المستوى الآخر مملكة الطليعيات Protista تضم الكائنات الحية أحادية أو متعددة الخلايا حقيقية النواة Eukaryotic تضم الطحالب والأوليات، أما المستوى الثالث من درجة الرقي فيشمل ثلاث ممالك هي مملكة الفطريات، ومملكة النباتات، ومملكة الحيوانات، ويعتمد توزيع الكائنات في الممالك الثلاث الأخيرة على طرائق تغذية هذه الكائنات، وبالتالي يصبح التقسيم الخماسي كما يلي:

1- المملكة الحيوانية Kingdom Animalia

2- المملكة النباتية Kingdom Plantae.

3- مملكة الفطريات Kingdom Fungi (Myceteae).

4- مملكة الأوليات Kingdom Protista.

5- مملكة الكائنات بدائية النواة Kingdom Prokaryotae (Monera).

اكتشف باحثان أمريكيان هما Fox وWoese في عام 1977م وجود كائنات بدائية النواة لكنها ليست جراثيم حيث أنّ DNA عندها مختلف عن جميع أنواع الجراثيم المعروفة لأن فيها بعض المورثات التي تُعدّ من أقدم المورثات المعروفة لذلك أطلق عليها تسمية Archaea Bacteria أو جراثيم الآركيا (كلمة Archaea تعني الأحفوري أو العتيق وبالتالي يصبح اسمها الجراثيم الأحفورية)، ويُعرف منها حتى الآن حوالي 250 نوعاً معظمها تعيش في ظروف متطرفة (حرارة مرتفعة جداً أو منخفضة جداً، وقلوية شديدة، وحموضة شديدة، وملوحة شديدة جداً).

اقترح حديثاً كل من Carl Woese وKandler وWheelis في عام 1990 نظاماً تصنيفياً يحتوي على فوق مملكتين كل منهما تحتوي على ثلاث ممالك على الشكل التالي:

1- فوق مملكة بدائية النواة: فيها ثلاث ممالك هي مملكة الجراثيم الحقيقية Eubacteria، ومملكة الجراثيم الأحفورية القديمة Archae bacteria، ومملكة الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria (التي تسبب اللون المميز للبحر الأحمر).

2- فوق مملكة حقيقيات النواة: شملت مملكة الفطريات، ومملكة النباتات، ومملكة الحيوانات.

ووضع Woese الكائنات الحية ضمن تصنيف جديد بتبديل كلمة فوق المملكة باسم Domain وتعني النطاق أو الميدان، وقسَّم الكائنات الحية إلى ثلاث نطاقات هي:

1- نطاق الجراثيم Domain Bacteria:

شمل الجراثيم الحقيقية ويضم 23 شعبة وكل شعبة تمثل مملكة وبالتالي يضم جميع أنواع الجراثيم.

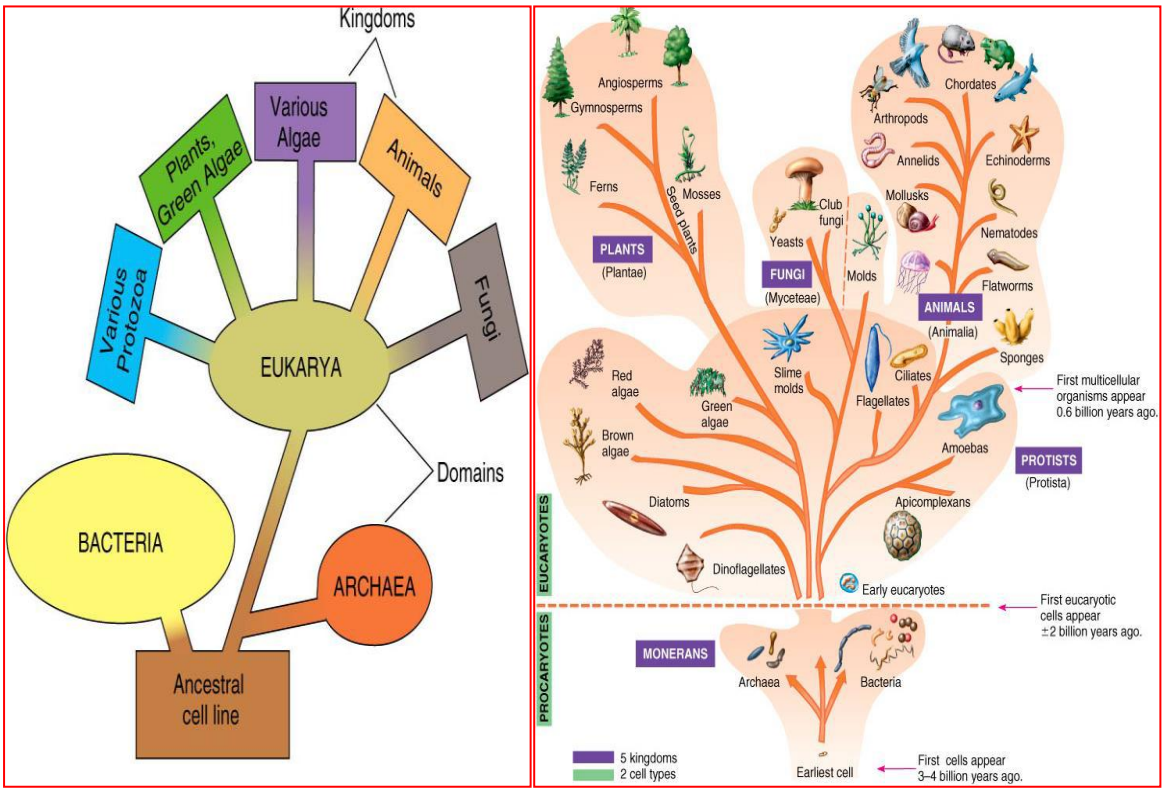
2- نطاق الآركيا Domain Archaea:

شمل الكائنات الدقيقة الأحفورية ومملكة الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria.

3- نطاق حقيقيات النوى Domain Eucarya:

شمل الفطريات والطحالب والأوليات والنباتات والحيوانات.

إنّ تصنيف Carl Woese هو الذي تعتمد عليه اللجنة العالمية للتصنيف وآخر تصنيف صادر عنها في عام 2005م (الشكل 3). اقترح العالمان Sogin وPatterson عام 1992 تقسيم سباعي الممالك وضعا الكائنات الحية في مجموعتين رئيستين هما مجموعة بدائية النواة Procaryotes (تضم مملكتين هما مملكة الجراثيم الحقيقية ومملكة جراثيم الأركيا)، ومجموعة حقيقية النواة Eucaryotes (تضم ممالك الحيوانات والنباتات والفطريات والأوليات والطحالب).



الشكل (3): تصنيف Whitaker ذو الخمس ممالك وتصنيف Carl Woese ذو الثلاث نطاقات

يمكن القول أن التصنيف الحالي للأحياء الدقيقة هو كالآتي:

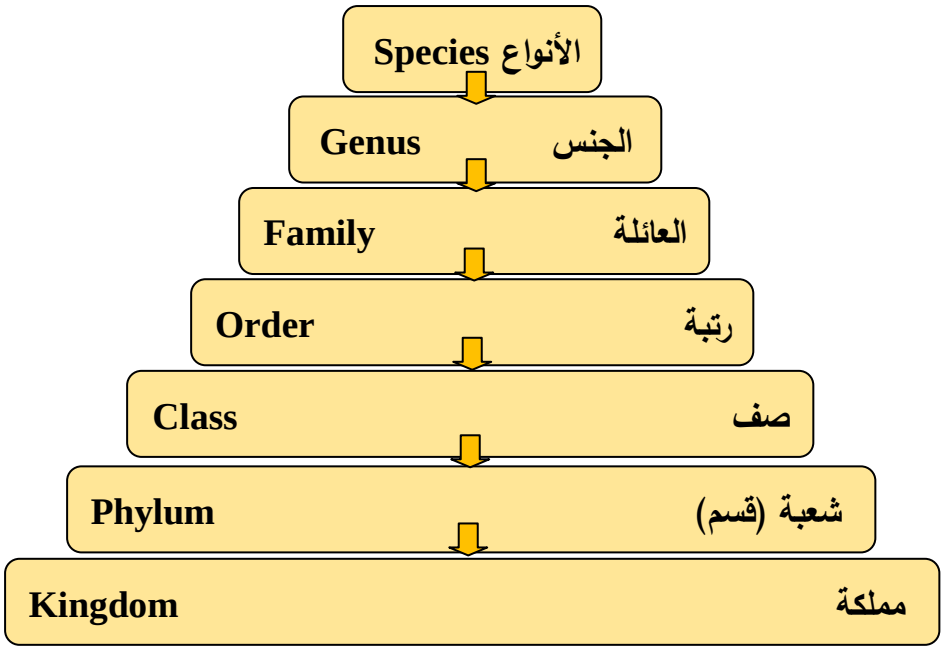
- حقيقية النواة Eucaryotes تشمل الفطريات، والأوليات، والطحالب.
- بدائية النواة Procaryotes تشمل الجراثيم الحقيقية، والجراثيم القديمة (الأركيا Archaea)، والجراثيم الزرقاء (السيانوبكتريا Cyanobacteria).

تعتبر الفيروسات كائنات حية غير خلوية ولا تشبه في صفاتها أي مملكة من ممالك الأحياء لذلك فهي لا تندرج تحت هذا التقسيم ومع ذلك فهي من الأحياء الدقيقة لامتلاكها المادة الوراثية الخاصة بها وبالتالي قدرتها على توارث الصفات جيلاً بعد جيل عبر التكاثر الذي لا يتم إلا داخل الخلايا التي تصيبها الفيروسات، وقد وضعت في مملكة مستقلة تسمى مملكة الفيروسات. يُعد علم تصنيف الأحياء الدقيقة من أكثر العلوم تغييراً وتجدداً لأنه دائم التعديل والإضافة نتيجة تجدد المعلومات وتطور العلوم.

مكنت البحوث العلمية الإنسان من دراسة الأحياء الدقيقة على المستوى الجزيئي، وقد أكدت وجود العديد من الصفات المشتركة الأساسية لجميع الكائنات، والاختلافات الواضحة بينها هي نتاج عمليات التطور الذي شهدته هذه الكائنات على امتداد تاريخها الطويل للتأقلم في الظروف البيئية على هذا الكوكب، ولابد أن نشير إلى أنّ الأحياء الدقيقة تتميز بقدرتها العالية على التأقلم السريع مع الظروف البيئية وهذه الخاصية تجعلها أكثر الكائنات انتشاراً وتأثيراً في الوسط الذي تعيش فيه، وبعض الأحياء الدقيقة بحكم طبيعة معيشتها تكون أكثر تأثيراً وارتباطاً بالنشاط الزراعي أو الغذائي من غيرها مثل الفطريات والجراثيم، بينما يكون البعض الآخر أكثر ارتباطاً بالبيئة مثل الأوليات والطحالب.

يعتمد التصنيف على السلالة كوحدة تصنيفية قياسية والسلالة strain عبارة عن كائن حي دقيق نقي وهي مجموعة من الخلايا أو مستعمرة Colony ناتجة عن نمو خلية واحدة بعد سلسلة من الاستنبات والتنقية. ويعرف النوع Species بأنه مجموعة من السلالات تمتلك أكبر قدر من الصفات المشتركة، وتختلف اختلافاً واضحاً عن كل سلالات الأنواع الأخرى. يُقسم النوع أحياناً إلى تحت أنواع Subspecies اعتماداً على اختلافات بسيطة لكنها ثابتة، وتُقسم تحت الأنواع في بعض الأحيان إلى أصناف (أو أنماط أو طُرز) Infrasubspecies. والصنف أو الطراز هو سلالة من الكائن الدقيق لها صفة خاصة تتميز فيها عن بقية سلالات النوع نفسه الذي تنتمي إليه (مثلاً: صفة انتيجينية مصلية، أو التفاعل مع العاثيات أو ما يشبه ذلك) لذلك فإنّ الصنف يُعطى اسماً مناسباً وفق الصفة التي يتميز فيها كالصنف المصلي والصنف الحيوي والصنف العاثي وهو رتبة لها فائدة

عملية كبيرة. يتم تعريف الجنس Genus على معايير عديدة تشمل الخصائص الشكلية كشكل المستعمرة والصبغات والتغذية واحتياجات النمو والصفات الفيزيولوجية والتمثيل الغذائي والوراثة والبيئة وغيرها، ولابد من الإشارة بأنّ الجنس يضم مجموعة من أنواع لها علاقة مع بعضها البعض تختلف عن أنواع الأجناس الأخرى، وبالتالي فإنّ الصفات نفسها التي تُعرِّف الجنس تنطبق على كل الأنواع التابعة له. تُشكل مجموعة من السلالات المتشابهة النوع، وتوضع الأنواع المتشابهة في الجنس نفسه، والأجناس المتشابهة في العائلة نفسها، وتوضع العوائل المتقاربة في رتبة، والرتب المتقاربة في صف، والصفوف تشكل جزءاً من شعبة في مملكة الحيوانات أو قسم في مملكة النباتات، والشعب أو الأقسام المتقاربة توضع في مملكة وفق الشكل (4) الآتي:



الشكل (4): تسمية وتصنيف الأحياء الدقيقة

إنّ العلاقات التصنيفية على مستوى العوائل والرتب تبدو أكثر غموضاً من الأجناس والأنواع لأنها مبنية على معايير لا تكفي لتعريفها تعريفاً واضحاً، ما عدا في حالات قليلة حيث توجد علاقة تقارب وراثي بين أفرادها، ولذلك نجد أنّ مرجع بيرجي لتصنيف الجراثيم ركز على الأجناس والأنواع.

قام الباحث ديفيد بيرجي وزملاؤه بوضع تصنيف للتمييز بين الكائنات الدقيقة يدعى دليل بيرجي Bergey لتصنيف الجراثيم وأصبح مرجعاً عالمياً فقد نُشرت الطبعة الأولى من الدليل عام 1923م والطبعة الأخيرة كانت المجلد الخامس عام 2012م.

انتهت المحاضرة