



علم الوراثة

كلية التربية للعلوم الصرفة - ابن الهيثم
قسم علوم الحياة
المرحلة الثالثة

اعداد

ا.د. احسان عرفان حسين

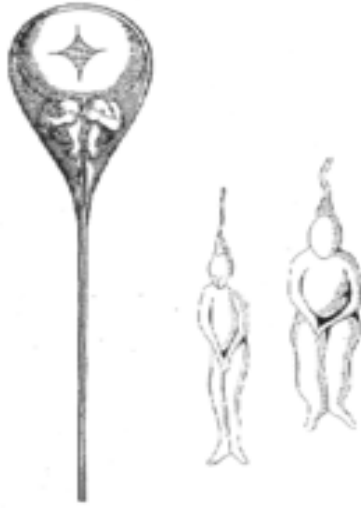
اعدت منذ العام الدراسي 2002-2001 ولغاية العام الدراسي 2018-2019

(علم الوراثة)

(Genetics)

المقدمة

المفاهيم النظرية لعلم الوراثة في الفترة ما قبل عام 1900م (من عام 300 قبل الميلاد إلى 1600م) لم تتوسع بأفكار جديدة. ففي اوقات الرومان كان تطعيم النباتات وتربية الحيوانات شائعاً، وفي الحقبة الوسطى كان علماء الطبيعة عارفين بتأثير الوراثة في الكائنات المدروسة والذين كان عليهم التوفيق بين مكتشفاتهم ومعتقداتهم الدينية. نظريات ابوقراط Hippocrates وارسطو Aristotle تبقى منتشرة ولكن عندما تطبق على الإنسان فإنه لامجال للشك بأنها تتعارض مع المذاهب الدينية. بين عام 1600م - 1850م تم تحقيق خطى واسعة بالحصول على معرفة عظيمة بالأسس البايولوجية للحياة والتي تمثلت بالعمل الثوري للعالم جارلس دارون Charles Darwin وكريكور مندل Gregor Mendel. وفي سنوات القرن السادس عشر (1600s) فإن عالم التشريح Anatomist الأنكليزي وليام هارفي William Harvey كتب بحث في انماط التكاثر والتطور بعد اعمال ارسطو. لقد اعتمد هارفي على نظرية التخلق المتوالي Epigenesis والتي تقول بأن الكائن مشتق من مواد موجودة في البيضة والتي تتميز إلى تركيب بالغ خلال التطور الجنيني. نظرية التخلق المتوالي تؤمن بأن التراكيب مثل اعضاء الجسم لا تكون موجودة في بداية التطور الجنيني ولكنها عوضاً من ذلك تتشكل ثانية *de novo* (تصنع من بوائى قليلة معقدة بدلاً من انتاجها بواسطة تحور الجزيئات). ان نظرية التخلق المتوالي تتعارض مباشرة مع نظرية سبق التكوين Preformation التي كانت في بداياتها في القرن السابع عشر والتي اشارت إلى ان الخلايا الجنسية تحتوي على بالغ صغير وكامل في كل شكل ويدعى Homunculus. نظرية قبل التشكيل زادت شعبيتها في القرن الثامن عشر، بينما العمل المقدم من قبل عالم الأجنة كاسبر وولف Kasper Wolff (1733-1794م) وآخرون دحض بوضوح هذه النظرية ولذلك فضلو نظرية التخلق المتوالي. كاسبر وولف اقتنع بأن بعض التراكيب مثل القناة الغذائية Alimentary canal لا تكون موجودة في الأجنة المبكرة التي درسها وأن هذه التراكيب تتشكل اثناء التطور الجنيني. خلال نفس الفترة فأن هناك مكتشفات كيميائية وبايولوجية مهمة اثرت في تفكير العلماء، ففي عام 1808م العالم جون دالتون John Dalton شرح نظريته للذرة، والتي قالت بأن جميع المواد مكونة من وحدات صغيرة غير مرئية تدعى الذرات.



Homunculus

عام 1830م ماثياس شلايدن Matthias Schleiden وثيرودور شوان Theodor Schwann قدموا بأستعمال المجهر نظرية الخلية Cell theory التي اشارت إلى ان الكائنات تتكون من وحدات مرئية تدعى الخلايا Cells والتي تشتق من نفس الكائن. ان فكرة التوالد الذاتي Spontaneous generation اي تكون الكائنات الحية من الكائنات غير الحية قد دحضت في ذلك الوقت وأن الكائنات الحية تشتق من كائنات حية سابقة لها والتي تتكون من خلايا مصنوعة من الذرات. هناك معلومات اخرى ظهرت في القرن التاسع عشر وهو ثبات الأنواع Fixity of species. ووفقا لهذا المعتقد فأن المجاميع الحيوانية والنباتية تبقى بلا تغيير في الشكل من لحظة ظهورها على الأرض. هذا المعتقد شاع بواسطة بضع اشخاص اعتنقوه خصوصاً الذين آمنوا بالتكوين الخاص Special creation ومن ضمنهم العالم السويدي كارلوس ليناينوس Carolus Linnaeus (1707م-1778م) الذي اقترح نظام التسمية الثنائية Binomal system لتصنيف الأنواع. ان تأثير عقيدة ثباتية الأنواع شرحت في عمل مربي النبات الألماني جوزيف كوتليب كولريوتر Joseph Gottlieb Kolreuter (1733م-1806م) والذي عمل على نباتات التبغ. لقد ضرب مجموعتين ومنتج منها مجموعة جديدة هجينة والتي استعاد منها احد المجاميع الأبوية بعد عدة تضريريات رجعية Backcrosses. وفي تجارب التربية الأخرى بأستعمال القرنفل Carnations شاهد بوضوح انعزال الصفات والتي اصبحت فيما بعد احدى مفاهيم مندل في الوراثة. هذه النتائج بدت بأنها تعارض فكرة ثبات الأنواع والتي تستند على عدم التغير مع مرور الوقت. لهذا فأ العالم Kolreuter قد حار بهذه النتائج بسبب ايمانه في كل من معتقدات التكوين الخاص وثنائية الأنواع ولهذا فشل في ادراك اهمية مكتشفاته.

ويعرف علم الوراثة Genetics على انه العلم الذي يبحث في اسباب التشابه والأختلاف بين الأفراد التي ترتبط مع بعضها بصلة قرابة او هو العلم الذي يبحث في اسس التشابه ومنشأ التصنيف التباينات وتقصي العلاقة بين الأجيال المتعاقبة لمختلف الكائنات الحية من الفايروس إلى الإنسان. وعلم الوراثة علم تجريبي يبحث في ماهية الكائنات الحية عن طريق معرفة طبيعة المادة الحية نفسها وتركيبها وكيفية انقسامها وتكاثرها وفي كيفية قيامها بوظائفها الحيوية وأنقالها من نظام الى آخر كما يبحث في كيفية تغييرها وفي طبيعة هذا التغيير وأسبابه ونتائجه، فعلم الوراثة إذاً هو العلم الذي يهدف إلى تفهم كل ما يتعلق بظاهرة الحياة بغرض الوصول إلى معرفة اسرارها ومحاولة التحكم فيها لصالح الإنسان ان كان هذا التحكم ممكناً.

علم الوراثة هو توارث الصفات عبر الأجيال المختلفة وأصبح كعلم له كيانه وجودته ضمن علوم الأحياء بعد الأكتشافات التي اكتشفها كريكور مندل Gregor Mendel عام 1865م الذي تمكن من نشر بحوث متعلقة بأزواج من الصفات المتضادة في نبات البازلاء *Pisum sativum*. من خلال دراساته او تجاربه توصل إلى استنتاج وهو ان توارث الصفات يعتمد على اسس ومنها قانون مندل الأول وهو قانون انعزال الجينات Law of segregation والقانون الثاني هو قانون التوزيع الحر للجينات Low of free assortment. لقد استمرت هذه البحوث طي النسيان لغاية عام 1900م، وفي هذا العام قام ثلاث من علماء النبات، Hugo de Vries في هولندا والمعروف بنظريته للطفرات ودراساته على الذرة و Correns في المانيا الذي درس الذرة، البازلاء والفول و Eric von Tschermak-Seysenegg في النمسا الذي عمل مع بعض النباتات من ضمنها بزاليا الحقائق، باكتشاف تجارب مندل وقد استعانوا بها في كتابة بحوثهم. hn الباحث الأنكليزي Bateson قد اعطى لهذا العلم المتطور اسم علم الوراثة Genetics في عام 1905م والتي صاغها من الكلمة الأغريقية التي تعني توليد to generate. ان مندل ذكر بأن صفات الكائنات الحية موجهه من قبل عوامل سماها Factors ولكنه لم يعرف ان هذه العوامل هي الجينات. ان العام 1900م هو الأساس الذي بني فيه علم الوراثة وفي عام 1902م تم إثبات بأن الجينات تقع على الكروموسومات من خلال التجارب التي قام بها كل من Boveri و Sutton وأن العالم موركان Morgan ذكر ان العوامل التي ذكرها مندل هي جينات Genes من خلال دراساته على حشرة ذبابة الفاكهة.

ان الدنا DNA موجود في نواة الكائنات الحية وأن كل كائن حي يحمل نوع من الجينات التي تميزه، مثلاً البيضة المخصبة الناتجة من لقاح نبات الحنطة مع ميسم عند انباتها تكون بذرة وبالتالي تكون نبات حنطة ولا تعطي نبات النخيل ومعنى ذلك انه توجد نواة في بذرة الحنطة تعطي نبات الحنطة. ان الجينات هي الدنا بالنسبة لحقيقية النواة وأن الكروموسوم مكون من سلسلة طويلة من النيكلوتيدات التي تكون الدنا الموجود في الكروموسوم الواحد الذي يصل طوله

إلى مئات النيكلوتيدات وأن الجين الواحد يتراوح طوله من 1000 نيكلوتيدة في الأقل. كما ان الكروموسوم الواحد يحمل مجموعة كبيرة من الجينات.

علم الوراثة بدأ بالتطور بعد عام 1900م افقياً وعمودياً، فقد نشأت فروع ثانوية لهذا العلم لتفسير واستغلال كثير من القضايا البايولوجية على اساس وراثي، فالعلاقة الوطيدة بين علم الوراثة وعلم الشكل الظاهري Morphology وخاصة بعد ان تطورت دراسة الشكل الظاهري وامتدت إلى تحليل تطور الشبه والأختلاف. ولقد ظهرت حاجة علم الأجنة Embryology للاتصال بالوراثة منذ ان اصبح من الثابت بأن المادة الوراثية هي التي تتحكم في خطوات عملية النمو والتكشف Development، كما ان علم الوراثة له علاقة بعلم الفسيولوجيا فيسمى الوراثة الفسيولوجية Physiological genetics كما في تكيف النخيل للعيش في المناطق الرطبة والتي تفسر على ان هناك جينات معينة تساعد في عملية التكيف في المناطق الحارة، كما ان هناك الوراثة المتعلقة بالتطور وتكوين الأنواع Evolution genetics الذي يهتم بدراسة تطور الكائنات الحية على اساس وراثي وعلاقته بتفسير الكثير من نظريات النشو والتطور، كما ان هناك الوراثة المتعلقة بالنمو وظواهره العادية وغير العادية والوراثة الأحصائية وعلاقة الوراثة بتحسين النبات Plant breeding وعلاقة الوراثة بتحسين الحيوان Animal breeding وعلاقة الوراثة بتحسين النوع البشري ووراثة الإنسان Human genetics الذي يهتم بدراسة الصفات المتوارثة في الإنسان والتشوهات الوراثية وعدد الأصابع وغيرها من الصفات، كذلك هناك علم يهتم بدراسة وراثة المجتمعات Population genetics للكائنات الحية، مثلاً صفات معينة في كائنات موجودة في بيئة ولكن لا توجد هذه الصفات في بيئات اخرى او تكون قليلة وهذه تعتمد على التزاوج، فمثلاً مجموعة الدم الأكثر شيوعاً في الوطن العربي هو صنف AB السائدة ومجموعة الدم التي ليست شائعة في الدول الأوربية هي ليس صنف AB وإنما صنف آخر. ان حالة التزاوج بين افراد المجتمع الواحد تؤدي إلى تكرار الصفة المعينة، وأن علاقة علم البيئة بعلم الوراثة يدعى بالوراثة البيئية Ecological genetics وأن علم البيئة Ecology قد يتأثر بحقائق الوراثة ونظرياتها، ذلك ان مجاوبة الكائن لعناصر البيئة ومكوناتها الأساسية لا بد من ان تتوقف على تركيبه الوراثي، كما ان علم الوراثة الخلوي Cytogenetics الذي يهتم بدراسة سلوك الكروموسومات وانقسامات الخلية الخيطية والأختزالية واخصاب البيضة بعد انقسامات الخلية الأمية. ان الانقسام الخلوي يكون مهماً في الجنين الناتج وأن اي خلل في هذا الانقسام او زيادة في عدد الكروموسومات يؤدي إلى تغييراً في الجنين. اما عندما يهتم علم الوراثة بدراسة انواع من البكتريا وتوارث الصفات فيها فيدعى ذلك العلم بعلم الوراثة البكتيرية Bacterial genetics او قد يدرس هذا العلم الفطريات وتوارثها فيسمى بعلم وراثة الفطريات Mycogenetics او بدراسة الفيروسات Viral genetics وكذلك هناك علم انشغل بدراسة

وراثة الأحياء المجهرية Microbial genetics. اما علم الوراثة الكمية Quantitative genetics فهو الذي يهتم بدراسة الصفات الكمية ككمية البروتينات والسوائل، كما ان هناك علم الوراثة المناعي Immunogenetics الذي يفسر الظواهر المتعلقة بالمناعة على اساس وراثي. وهناك دراسة التأثير الوراثي للأشعاع وهذا ما يسمى بالوراثة الأشعاعية Radiation genetics. والواقع ان ليس هناك علماء من العلوم لا يتصل من قريب او بعيد بعلم الوراثة فهناك غير ما ذكر علاقات بدرجات مختلفة بين الوراثة وعلم اصل الإنسان او الأنثروبولوجي Anthropology. اما العلم الجديد في العلوم الثانوية الوراثة فيسمى بالهندسة الوراثة Genetic engineering الذي يهتم بدراسة نقل الجينات من كائن حي إلى آخر وهي عملية سهلة وأن هذه الجينات المنقولة تبدأ بالتعبير عن نفسها في الكائن المنقول اليه كما في عملية نقل الجينات المسؤولة عن انتاج هرمون الأنسولين من الإنسان الى البكتريا ومن ثم قيام البكتريا بآنتاج هرمون الأنسولين.

ان علم الوراثة الحديث هو احد فروع علوم الحياة الحديثة الذي يبحث في اسباب التشابه والأختلاف في صفات الأجيال المتعاقبة من الأفراد التي ترتبط فيما بينها بصلة عضوية معينة كما يبحث فيما تؤدي إليه تلك الأسباب من نتائج مع اعطاء تفسير للمسببات ونتائجها، وعلى هذا الأساس فإن دراسة هذا العلم تتطلب من بين ما تتطلب الماماً واسعاً وقاعدة راسخة عميقة في شتى مجالات علوم الحياة كعلم حياة الخلية Cell Biology وعلم الهيئة Morphology وعلم الأجنة Embryology وعلم البيئة Ecology والتصنيف Taxonomy والزراعة Agriculture والطب Medicine وعلم البكتريا Bacteriology بالإضافة إلى علوم أخرى لا يستغنى عنها علم الوراثة كالكيمياء الحياتية Biochemistry والفيزياء الحياتية Biophysics والأحصاء الحيائي Biostatistics وعلم الإنسان Anthropology وعلم النفس Psychology.

علم الوراثة يمكن ان يدعى بعلم الأحتتمالات لأنه يتعامل مع نقل المعلومات من الآباء إلى النسل وبين الأجيال. ان علماء الوراثة مهتمين بلماذا وكيف يتم نقل هذه المعلومات التي هي اساس بعض الأختلافات والتشابهات التي يمكن ان تميز مجاميع الكائنات الحية، علماً بأنه ليس جميع هذه الأختلافات بين الكائنات الحية تكون موروثية. ان العوامل التطورية والبيئية تلعب دوراً مهماً ايضاً ولهذا كانت محط اهتمام علماء الوراثة.

لقد اوجدت مفاهيم اساسية مختلفة بواسطة المشاهدات والتجارب والتي تعتبر مبادئ علم الوراثة وأن بعض من هذه المبادئ هي:-

1. الجين هو وحدة التوارث.
2. الجينات تترتب بشكل خطي على الكروموسومات.

3. الكروموسومات بشكل عام هي وحدات مفردة في الخلايا التكاثرية (البیضة والحيمن) ولكنها تكون بشكل مزدوج في البیوض المخصبة والخلايا الجسمیة التي تتطور من البیوض المخصبة.
4. ازواج من الجينات والكروموسومات تنعزل إلى خلايا تكاثریة مختلفة.
5. مجامیع من ازواج الجينات المختلفة تترتب بشكل مستقل بالأخص لأزواج الجينات الأخرى عند تكوين البیوض والحيامن.
6. الجينات هي عبارة عن وحدات من الدنا Deoxyribonucleic acid (DNA) والتي لها المقدرة على التضاعف، وهذه الوحدات تحمل رسائل مشفرة التي يمكن ان تترجم الى سلاسل ببتیدیة متعددة Polypeptides والتي هي عبارة عن انزيمات او بروتينات تركیبیة.
7. التغيرات (الطفرات) تحدث في الجينات والكروموسومات.
8. جينات متعددة تسيطر في وراثة الصفات الكمية مثل الحجم ووراثة الصبغات وغيرها من الصفات.
9. الجينات في العشائر تكون متوازنة وان التوازن يمكن ان يتغير بواسطة بعض العوامل كالطفرات، الهجرة والانتخاب.
10. الأنماط الموروثة تكون مترابطة مع أنظمة مختلفة من التزاوج مثلاً التزاوج الداخلي او التزاوج الخارجي.

مميزات الأحياء المفضلة للتجارب الوراثة

- هناك ستة اعتبارات مهمة لانتخاب الكائن الحي المناسب للتجارب الوراثة وهي:-
1. الكائن الحي المنتخب للتجارب الوراثة يجب ان يظهر عدداً من الفروق والأختلافات المتعلقة بصفات معينة.
 2. ظاهرة اعادة التشكيلات الوراثة Recombination، فبعملية تكوين الأتحادات الجديدة تصبح التحليلات الوراثة اكثر سهولة وسرعة في كائن ما إذا كان يمتلك بعض الوسائل الفعالة لتجميع او تركيب صفات معينة يوجد قسم منها في احد الأبوين بينما يوجد القسم الآخر في الأب الثاني، كما في تزاوج اب ذو عيون زرقاء وشعر اسود مع ام عيونها سوداء وشعرها اصفر، فإذا كان الأولاد يشبهون الأم او يشبهون الأب فان هذا يعني ان ظاهرة الأتحادات الجديدة لم تتكون، اما إذا تكون اطفال معهم صفات من كلا الأم والأب فأن هذه الظاهرة تكون قد تكونت.

3. الكائن الحي الذي يستطيع الباحث التحكم في تزاوجه كما في حشرة ذبابة الفاكهة وتزاوج النباتات وفي هذه الحالة يسمى بالتزاوج الموجه Controlled mating.
4. كلما كانت دورة الحياة للكائن الحي قصيرة Short life cycle كان افضل للدراسة، فمثلاً الفيل لا يستعمل في الدراسات الوراثية لكون دورة حياته طويلة، اما في الحشرات فدورة حياتها قصيرة قد لا تتجاوز الـ 14 يوماً.
5. كثرة الأفراد الناتجين، اي كثرة عدد النسل Large number of offspring، فكلما زاد عدد الأفراد زادت مقدرتنا على الأحصاء او الوسط الحسابي لتقدير او استنتاج حالة معينة من المعلومات الوراثية.
6. سهولة الاستعمال Convenience of handling او التعامل مع الكائنات الحية. تتميز بعض الكائنات الحية بصغر حجمها وسهولة الحصول عليها وتوفرها، ومثل هذه الكائنات تكون بالطبع تكون اكثر ملائمة في الدراسات الوراثية مقارنة مع الكائنات الحية ذات الحجم الكبيرة والتي يصعب الحصول عليها.

بعض الآراء القديمة التي تفسر توريث الصفات :

1. سبق التكوين Preformation

بعد ان صنع هوك المجهر المركب وشاهد العلماء الحيوانات المنوية تسبح في السائل المنوي خيل لبعضهم ان بداخل الحيوان المنوي شكل صغير يشبه الإنسان Homunculus وأعتقدوا ان نموه سيعطي الفرد الجديد، وبذلك يكون الحيمن هو الذي يقوم بنقل الصفات، وكانت تسمى هذه المجموعة من العلماء بـ Animalculists، وإلى جانب ذلك كانت هناك مجموعة اخرى من العلماء تدعى Ovists والذين يعتقدون في كون البويضات هي المسؤولة عن نقل المادة الوراثية لأن بها الشكل الذي يشبه الإنسان وان السائل المنوي وظيفته ادامة نمو البويضة.

2. نظرية الأحتواء Encapsulation theory

وضع Bonvet نظرية الأحتواء Encapsulation وهي ان الأم تحتوي على اصول او جراثيم Germs كل ابنائها وأحفادها وهكذا، فمثلاً كان في مبايض حواء كل جراثيم الأفراد التي ظهرت وستظهر على الدنيا على شكل صناديق داخل صناديق. لقد ثبت خطأ هذه النظريات بعد تحسين قدرة المجهر المركب على التوضيح والتأكد من عدم وجود الأجسام التي تشبه الإنسان في اي من الحيوان المنوي او البويضة. نعلم الآن وبرغم

اختلاف الحيمن والبويضة في الحجم فأن كلا منهما يحتوي على اجزاء متماثلة هي النواة. تجعلها متماثلين في نقل المواد الوراثية. وهذه الحقيقة لم تخطر على بال احد حتى نهاية القرن التاسع عشر رغم نجاح هوك في ملاحظة اتحاد الحيوان المنوي والبويضة عام 1680م ونجاح Spallanzani عام 1785م في اجراء التلقيح الصناعي في الكلاب وأثبت ان الحيوانات المنوية ضرورية لنجاح التلقيح (لعدم نجاح الأخصاب بالسائل المنوي بعد ترشيحه وعزل الحيوانات المنوية عنه).

3. وراثة الصفات المكتسبة Inheritance of acquired characters

اساس هذه النظرية هو ان أعضاء الجسم تنمو نتيجة لاستعمالها وتضمحل نتيجة لأهمالها او عدم استعمالها. ان التغيرات في صفات الفرد نتيجة للاستعمال او الأهمال تورث إلى ابنائه، وتعتبر هذه النظرية من النظريات التي قبلها الكثير من العلماء ففسر بها العالم لامارك Lammark نظريته عن التطور.



وراثة الصفات المكتسبة

4. شمولية التكوين

وضع داروين نظرية شمولية التكوين Pangenesis لتكملة نظرية وراثة الصفات المكتسبة. تقترض هذه النظرية ان كل خلية من خلايا الجسم تنتج مشابهاً او جسيمات مصغرة لها تدعى بالبريهمات Gemmules تنتقل إلى المبايض والخصي وعن طريق الدم ثم تتجمع في الكاميتات وعندما تتخذ الكاميتات المذكرة والمؤنثة وتتكون اللاقحة الذي يعطي الفرد الجديد تتجمع الجسيمات المختلفة وتعطي خلايا وأنسجة مشابهة لأنسجة الأباء وقد اثبت كالتون خطأ هذه النظرية عملياً عندما نقل دم كلب ابيض إلى كلبة حمراء، ولم يؤد ذلك إلى نقل صفة اللون الأبيض إلى ابناء الكلبة الحمراء التي نقل اليها الدم.