علم الوراثة Genetics

لطلبة المرحلة الثالثة – قسم المحاصيل الحقلية – كلية الزراعة – جامعة واسط

١- مقدمة في علم الوراثة ، نشأته و افاق تطوره وانجازاته في العلوم الاخرى
٢- مقدمة عن الخلية والكروموسوم والانقسامات
٣- وقانونا الانعزال والتوزيع الحر للجينات
٤- التحويرات في النسب المندلية و التداخل الجيني وانواع الاليلات
٥- التحليل الاحصائي للبيانات الوراثية : اختبار مربع كاي
٦- الارتباط والعبور ورسم الخريطة الكروموسومية
٧- وراثة الجنس والصفات المرتبطة والمحددة والمتأثرة بالجنس
٨- التغييرات البنائية في الكروموسومات الاضافة والحذف و الانقلاب والانعكاس
٩- أنواع التضاعف الكروموسومي ، اسبابه ، تأثيراته ، انتاج المتضاعفات.
١٠- المادة الوراثية RNA و DNA
١١- الجين الاستنساخ والترجمة وبناء البروتين
١٢- الطفرات الوراثية
١٣- الوراثة السايتوبلازمية
١٤- العقم والسايتوبلازم
١٥- الوراثة الكمية ومعامل التوريث

أستاذ المادة

د. جوادين طالب الكوراني

٢٠١٧

المحاضرة ١: مقدمة في علم الوراثة ، نشأته و افاق تطوره وانجازاته في العلوم الاخرى

تعريف علم الوراثة

علم الوراثة Gentecs هو العلم الذي يدرس المورثات (الجينات) متضمنا دراسة المكونات الوراثية والصفات الوراثية وما ينتج عنها من تنوع الكائنات الحية، بالأضافة الى الأليات التي تؤثر على هذه الصفات. يمت علم الوراثة بصله قوية مع الطب و كل أقسام علوم الحياة وعلم الأنسان (Anthropology) والكيمياء الحيوية (Biochemistry) وعلم الفسلجة (Physiology) وعلم النفس (Psychology) وعلم البيئة (Ecology) بالإضافة الى علوم اخرى كما ان لعلم الوراثة بجزئية النظري والتجريبي تطبيقات مباشرة في أليات الأمراض الوراثية والسيطرة عليها بالإضافة الى التطبيقات الزراعية له و تعد معرفه اساسيات علم الوراثة وتطبيقاته جزء مهم من التعليم الطبي.

تأريخ علم الوراثة

كانت مبادئ توريث الصفات مستخدمة منذ تاريخ بعيد لتحسين المحصول الزراعي تحسين النسل الحيواني عن طريق تزويج حيوانات من سلالة ذات صفات جيدة - كمثال عن ذلك الحصان العربي الأصيل حيث كان العرب يزاوجون الحصان والفرس الأقوياء ليحصلوا على نسل قوي واستمروا بذلك عبر السنين.

ان فضول الانسان لمعرفة كيفية انتقال الصفات الوراثية هي قديمة قدم الانسانية نفسها. فمنذ اقدم العصور الحظ الانسان ان الابناء يشبهون ابائهم واجدادهم وبعض أقاربهم. لاحظ ارسطو في عام ١١١ قبل الميلاد ان الصفات المميزة للشعر و الاظافر وحتى طريقة المشي من الممكن ان تورث من الاباء و تظهر في الابناء. يبدو ان طبيعة الوراثة كانت من المسلمات ألطبيعية ولكن العوامل والقوانين التي تتحكم في وراثة الصفات كانت غير مفهومة. كانت هناك

العديد من التفسيرات كانت مشتقة من الاعتقادات السائدة آنذاك مثل السحر والالهة والاعتقادات الخرافية الأخرى. في ذلك الوقت، كانت النظرية الأكثر قبولا لدا المجتمعات بأن الوراثة هي عملية خلط (مزج)، لان الابناء يظهرون صفات مختلفة لصفات الآباء. كان مفهوم الخلط متلائما مع التفكير السائد في الأزمنة القديمة وهو يفسر لماذا بعض الأبناء يشبهون ابائهم والبعض الأخر لا يشبهونهم. تشبه هذه الأفكار نظرية (الصفات المكتسبة) للعالم المارك بعد ٤٤ قرنا. ظهرت اولى النظريات المادية في تفسير الوراثة من العاملين في مجال تضريب النباتات الذين كان لديهم الخبرة لتجربة تقنيات مختلفة في التضريب للحصول على تنوعات عديدة بالنباتات. في منتصف القرن الثامن عشر، قام عالم التصنيف السويدي كارلوس لينيوس (Carolus Linnaeus) بالأضافة الى مختصين في تضريب النباتات من المانيا Karl Friedrich Von Gaertner و Josef Gottlieb Kölreuterالذين حصلوا على نباتات هجينة نتيجة اختبار بالتضريبات الصناعية. قام Kölreuter بنشر كتاب حول هذه التضريبات حيث وصف اكثر من 500 تجربة تضريب على النباتات و كانت مشاهداته مشابهة الى مشاهدات مندل ولكنه فشل في تفسيرها.

يمكننا القول أفتراضيا ان علم الوراثة تطور بفترتين زمنيتين الفترة الأولى في نهاية القرن التاسع عشر وسمي بعلم الوراثة الكلاسيكية أو المندلية و الفترة الثانية في منتصف القرن العشرين تقريبا وسمي بعلم الوراثة الجينية الجزيئية.

بدأ علم الوراثة المندلي مع غريغور مندل Gregor Mendel، و هو راهب أوغاستيني تشيكي-ألماني و عالم درس طبيعة الوراثة في النباتات. في دراسته بعنوان "تجارب حول تهجين النباتات" التي قدمها إلى جمعية أبحاث الطبيعة في برون في سنة ١٨٦٥م؛ تتبع مندل الأنماط الوراثية في صفات نبات البازلاء و وصفها رياضيًا ،و بالرغم من أنه لا يمكن ملاحظة هذه الأنماط الوراثية إلا لدى فصائل قليلة، إلا أن تجارب مندل اقترحت بأن الوراثة جزيئية، و هي غير مكتسبة، استنتج مندل ان الوراثة تستند الى عوامل مفردة تكون مستقله عن بعضها البعض و تنتقل العوامل من جيل الى اخر بنمط متوقع، ويكون كل عامل مسؤولا عن صفة معينة ممكن ملاحظتها على النبات. سمى الصفة التي يمكن مشاهدتها بالنمط المظهري Phenotype ، أما المعلومات الوراثية التي تحدد هذه الصفة سماها Genotype. لم يحظ عمل مندل بأهمية واسعة النطاق حتى تسعينات القرن التاسع عشر، و ذلك بعد وفاته عندما بحث علماء آخرون في مسائل مشابهة مما أدى إلى إعادة اكتشاف أبحاثه. ويعد العالم البريطاني ويليام باتسون William Bateson أحد مؤيدي أعمال مندل، هو من صاغ مصطلح علم الوراثة Genetics في سنة ١٩٠٥م و قد تم استخدامها أول مرة في علم الأحياء في سنة ١٨٦٠م روَّج باتسون مصطلح علم الوراثة في خطابه الافتتاحي للمؤتمر الدولي الثالث في تهجين النباتات بلندن سنة ١٩٠٦م بعد إعادة اكتشاف أعمال مندل، حاول العلماء تحديد الجزيئات المسؤولة في الخلية عن الوراثة.

اكتشفت الكروموسومات في العام ١٨٧٩ م من قبل Flemming في الأنقسام الخيطي للخلايا بينما وضع مصطلح Chromosome من قبل Waldeyer في العام ١٨٨٨م. في سنة ١٩١٠م، عمل Thomas H. Morgan في دراسات وراثية نظامية في جامعة كولومبيا في نيويورك مسألة وجود الجينات على الكروموسومات وأثبت أنها مرتبه عليها بصورة تتابعية وذلك في دراسة لطفرات العين البيضاء ذات العلاقة بالجنس في ذبابة الفواكه *Drosophila melanogaster*، وفي عام ١٩١١م بناءا على دراسات Morgan اصبح علم الوراثة حقلا علميا مستقلا ، في سنة ١٩١٣م، استخدم تلميذه Alfred Henry Sturtevant ظاهرة الترابط الجيني لإظهار أن الجينات مصفوفة بشكل خطي على الكروموسومات. في عام ١٩١٥ م أجمل Morgan هذه النتائج في النظرية الكروموسومية في الوراثة Theory chromosome of inheritance.

علم الوراثة الجينية الحقيقية والتي تؤدي إلى الوراثة الجزيئي بناء على علم الوراثة الكلاسيكي لكنه يرتكز أكثر على بنية و وظيفة المورثات (الجينات) على المستوى الجزيئي. مع أن تواجد الجينات على الكروموسومات كان أمراً معروفاً إلا أن الكروموسومات تتكون من البروتينات و الأحماض النووية DNA

معاً ؛ لذا لم يعلم العلماء أياً منهما المسؤول عن الوراثة ونقل الصفات الوراثية. تم تأسيس علم الوراثة الجينية الحقيقية والتي تؤدي إلى الوراثة الجزيئي بناء على علم الوراثة الكلاسيكي لكنه يرتكز أكثر على بنية و وظيفة المورثات على المستوى الجزيئي. مع أن تواجد الجينات على الكروموسومات كان أمراً معروفاً إلا أن الكروموسومات تتكون من البروتينات و الأحماض النووية DNA معاً ؛ لذا لم يعلم العلماء أياً منهما المسؤول عن الوراثة . وقد أكتشف فريدريك غريفيث (Frederick Griffith) تجربة سميت بتجربة غريفيث (Griffith's experiment)، التي تم الإعلان عنها رسميًا في عام ١٩٢٨م كانت إحدى أولى التجارب التي تشير إلى أن البكتيريا قادرة على نقل المعلومات الوراثية عبر عملية تُعرف باسم التحويل Transformation principle. وهذه المرحلة سميت بمرحلة الوراثة المجهرية والتي تخص نقل المعلومات الوراثية من البكتريا والفطريات المجهرية والفايروسات. و بعد ستة عشر عاماً - في ١٩٤٤ م - حدد أوسوالد ثيودور أفري و كولن ماكلويد و ماكلن مكارتي (Oswald Avery, Colin MacLeod, and Maclyn McCarty) الجزيئية المسؤولة عن التحويل بأنها الحمض النووي DNA وليس البروتين. و كان قد تم التأكد من دور نواة الخلية كمستودع للمعلومات الوراثية في الكائنات الحية حقيقية النوى من قبل دكتور هامرلنغ (Dr. Joachim Hämmerling) في سنة ١٩٤٣ م من خلال عمله على الطحلب وحيد الخلية. كما أكدت تجربة هيرشي – تشيز(Hershey–Chase) التي أُجريت في عام ١٩٥٢ م أن DNA الحمض النووي - و ليس البروتين - هو المادة الوراثية للفيروسات التي تصيب البكتيريا ، مما قدم المزيد من الأدلة التي تُثبت أن الحمض النووي هو الجزيئية المسؤولة عن الوراثة وتم اقصاء الجزيئات الأخرى مثل البروتينات من هذه الوظيفة.

مع هذه الاكتشافات العلمية اصبح تركيب ال DNA محور البحوث العلمية في البيولوجيا. تم حل هذا الموضوع على يد الأمريكي Watson. D James البالغ من العمر ٢٢ عاما آنذاك و الحاصل على زمالة دراسية في بريطانيا، مع الفيزيائي الانكليزي Crick. H Francis البالغ من العمر ٣٦ عاما في جامعة كامبرج University of Cambridge في ٢٢ نيسان عام ١٩٥٣ قام هذا العالمان باقتراح تركيب ال DNA كحلزون مزدوج hilex Double وذلك في مقال قصير في مجلة Nature يعد هذا الاكتشاف حجر الزاوية لعلم الوراثة المعاصر. اشتق تركيب ال DNA من خلال عمل كل من Wilkins Maurice وFranklin Rosalind الذي استند الى المعلومات التي وفرتها تقنية انحراف الأشعة السينية refraction ray اكس. ان تركيب ال DNA كحلزون مزدوج مع وجود القواعد النيتروجينية الى الداخل قد ساعد على تفسير اثنين من المفاهيم الأساسية في الية الوراثة، الأول هو خزن المعلومات الوراثية في نمط خطي قابل للقراءة والثاني هو تضاعف المعلومات الوراثية لضمان انتقال دقيق لهذه المعلومات من جيل الى اخر. ان تركيب ال DNA اعتبر بداية عهد جديد في علم الوراثة والبيولوجي الجزيئي و قد ادى ذلك الاكتشاف مباشرة الى فهم تركيب المعلومات الوراثية. عندما حدد Frederick Sanger في عام ١٩٥٥ تتابع

الأحماض الأمينية في جزيئة الأنسولين، وفر هذا الدليل الأول على التركيب الأولي للبروتين و دعمت هذه الملاحظات احتمال تعلق تسلسل الاحماض الامينية بالبروتينات بتسلسل النيوكيليوتيدات في ال DNA . مع أن بُنية الDNA (الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين) أظهرت كيفية عمل الوراثة، إلا أنه لم يكن معروفاً وقتها كيف يؤثر الDNA على سلوك الخلية. وفي السنين اللاحقة ، حاول العلماء أن يفهموا كيفية تحكم الDNA بعملية تصنيع البروتين. فتم اكتشاف أن الخلية تستعمل الDNA كقالب لتصنع منه مرسال الحمض الريبي النووي، ادى ذلك الى اكتشاف ان ال DNA ينسخ الى جزيئة مشابهة كيميائيا تسمى Messenger ribonucleic acid (mRNA) سميت من قبل Brenner و Barnett و Tobin-Watts عام ١٩٦١. ينقل ال mRNA المعلومات الوراثية من ال DNA من خلال تسلسل متناظر من النيوكليوتيدا..

أدى الفهم الجزيئي الحديث للوراثة إلى بداية ثورة من الأبحاث، وإحدى أهم هذه التطورات كان تسلسل إنهاء سلسلة الحمض النووي في عام ١٩٧٧ من قبل Frederick Sanger. حيث تسمح هذه التكنولوجيا للعلماء بأن يقرؤوا تسلسل النوكليوتيدات في جزيئية DAN.

في العام ٢٠٠٤ ،تم تحديد التسلسل الكامل للوحدات الاساسية التي تشفر للمعلومات الوراثية في الانسان من قبل منظمة دولية تظم العديد من دول العالم وذلك من خلال مشروع الجينات البشري (Project Genome Human) وهو يعد من الإنجازات المهمة في علم الحياة المعاصر. ورغم هذا التقدم الهائل في علم الوراثة فان الطريق يبقى طويلا قبل معرفة كيفية تفاعل الجزيئات الحيوية الوراثية مع بعضها في تكوين الكائنات الحية.

يضم علم الأحياء الخلوي والجزيئي العديد من فروع علم الأحياء التي ترتبط بدراسة العمليات الحيوية على مستوى الخلية وعلى المستوى الجزيئي ضمن الخلية وخارجها. يضم التقانة الحيوية، علم الوراثة، علم الأحياء التنموي وأخيرا علم الأحياء الدقيقة. علم الأحياء الخلوي يدرس الخلايا الحية من حيث فيزيولوجيها وبنيتها وبنية عضياتها إضافة لدورة حياتها، الانقسام الخلوي وأيضا موت الخلية. أما علم الأحياء الجزيئي فيدرس العمليات الحيوية على المستوى الجزيئي مما يجعله متداخلا مع الكيمياء الحيوية وعلم الوراثة.

الوراثة وتحسين الانتاج النباتي

اعتمد الانسان في قديم الزمن عن طريق الزراعي على قطعة ارض مناسبة تنتج غلة تكفي عائلته او قد تزيد قليلا وكانوا شديدي الحرص على نجاح الانتاج والمحافظة عليه من العوامل الخارجية التي قد تصيبه بالضرر وقد استطاعوا عن طريق التجربة بزرع المحاصيل بمواعيدها المناسبة وتربيتها الصالحة ولكن زيادة عدد السكان خلال السنين الطويلة وقلة المزارعين قياسا بالزيادة التي ادت لظهور مشكلة نقص المحاصيل الزراعية وعدم كفايتها للاستهلاك وذلك بسبب ارتفاع اسعارها عدة مرات وحدوث مجاعات عامة في بعض المناطق كالهند والصين وافريقيا وبعض دول امريكا اللاتينية واستخدمت في العهود الحديثة طرق طبقت فيها مفاهيم علم الوراثة لانتاج نباتات نافعة للانسان وبكميات وفيرة تكفي لسد الحاجة المتزايدة لها.

ساعد علم الوراثة في تحسين واقع الانتاج الزراعي من خلال دوره في تربية وتحسين النباتات حيث أدى الى:

- زيادة الانتاجية للمحاصيل
- رفع درجة التأقلم للأصناف الزراعية لتناسب مناطق جديدة
- تحسين تحمل الاصناف الزراعية لظروف الاجهادات البيئية (ارتفاع الملوحة – الجفاف – ارتفاع الحرارة .الخ)
- تحسين جودة منتجات المحاصيل
- تغيير طبيعة النمو
- أنتاج اصناف مقاومة للأمراض والحشرات

ومن بعض الامثلة لنجاح نظم التوالد المنظم والانتخاب الصناعي:-

١- الذرة Maize

يعد من النباتات الذاتية الاخصاب لتكوين حبوب اللقاح في الاسدية الواقعة على النباتات وسقوطها على المياسم الموجودة اسفل منها. وطبق الانتخاب البسيط للحصول على اكواز تحوي على كمية الزيت العالية وبعد ٥٠ميل من الانتخاب امكن زيادة نسبة الزيت من ٥% إلى ١٥%وامكن ايضا زيادة كمية البذور في الكوز الواحد واصبحت اكثر مقاومة للحشرات والفطريات والرياح والجفاف وامراض الصدأ.

٢- الحنطة Wheat

عبر تطبيق الانتخاب المستمر لأكثر من ٥٠ طن من الحنطة استطاع الحصول على محاصيل محسنة من ٣٠-١٠٠%

فعلى سبيل المثال تم تلقيح حنطة نصف قزمية يابانية بأخرى مكسيكية فحققت النتائج الاتية:-

أ- ساقا اقصر اصلب أي النمو المبكر ومقاومة الرياح.

ب- تكيف النبات لعوامل المنطقة الزراعية بصورة جيدة.

ج- تكون اكثر مقاومة.

وكما ازداد معدل انتاج الحنطة الشتوية في السويد ٢٥% بعد ضربها باصناف تعطي محصولا عاليا.

٣- الرز Rice

بواسطة الانتخاب والتهجين استطاع انتاج ما يسمى بالرز العجيب Miracle rice وللصنف انديكا Indica العادي الذي ينمو في المناطق الاستوائية اوراق عريضة تظلل اوراق النباتات الاخرى وكذلك الاوراق السفلى للنبات نفسه وقد ضرب نمط من انديكا ذي اوراق وساق داكنة وقصيرة يسمى دي جيوو وجين Dee-geo- woo- gen مع نمط اخر غير لذيذ الطعم يسمى بيتا peta وانتج الانتخاب التالي الرز العجيب IR8

Marcle rice ويبلغ محصول الرز العجيب Marcle rice في المناطق الاستوائية من اربعة إلى ستة اصناف المحصول المتوسط للصنف انديكا.

٤- بنجر السكر Sugar Beets

أن محتوى السكر قد زاد في بنجر السكر من ٦% في عام ١٨١٨ إلى اكثر من ٢٠% حاليا بفضل التوالد الانتخابي.

٥- نباتات الزينة Ornamental Plants

توجد نباتات الزينة بأصناف وفيرة انتجت بالتوالد الانتخابي.

احداث التطفير Mutagenesis والهندسة الوراثية Genetics Engineering

استعملت مسببات التطفير الكيميائية والفيزيائية والحيوية وغيرها لحث الطفرات الوراثية في الجينات المرتبطة بصفات معينة في النباتات ويتم هندسة النباتات وراثياً في مجال الأبحاث بغرض اكتشاف وظائف جيناتٍ محددةٍ لأنتاج صفات جديده في النباتات غالبا ما تساعد الانسان في حل مشكلة معينة. ويتم ذلك من خلال القضاء أو تنشيط أو ايقاف أو تحفيز ذلك الجين مصدر الاهتمام المرتبط بتلك الصفة المراد تغييرها وملاحظة ما يتغير في النبات أو الكائنات الأخرى ظاهريا و فسيولوجيا. تتمثل إحدى الطرق الأخرى في ربط الجين بمحفزٍ قويٍ وملاحظة ماذا سيحدث عندما يتم زيادة تعبيره حيث يتماثل أو يتوافق DAN المدمج (المحقون) مع جينٍ داخليٍ موجودٍ بالفعل داخل جسم النبات. حيث عندما يتم التعبير عن الجين المحقون هذا، يصبح له القدرة على قمع أو كبح أو العكس تحفيز وتنشيط ترجمة البروتين الداخلي. وهنا يتم تطوير أنظمة المضيف لتسليم انتقال المعلومات الجينية. ويمكن دراسة التعبير الجيني بعد التحفيز من خلال اجهزة متقدمة.

كانت البكتيريا هي أول الكائنات التي تمت هندستها وراثيا في عام ١٩٧٣ ومن ثم تليها الفئران في عام ١٩٧٤، وقد تم بيع الإنسولين الذي تنتجه البكتيريا في العام ١٩٨٢ بينما بدأ بيع الغذاء المعدل وراثيا منذ العام ١٩٩٤.

استخدم أول محصولٍ معدل وراثياً لأغراضٍ اقتصاديةٍ (طماطم Flavr Savr) ونباتات الطماطم التي تم أدخال جينات جديده كان بغرض حمايتها من عملية تكسير الجدار الخلوي الذي يعمل على طراوة أنسجة الثمار مما يعمل على حماية الثمار عند تخزينها لفترة طويلة.