كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الاولى

المادة : علم الحياة الحيوانية١

المحاضرة : الثانية/نظري/د.فيينا

علم الوراثة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم علم الحياة

المحاضرة النظرية الثالثة لمقرر

علم الوراثة

الدكتورة

فينا مصطفى حمود

لطلاب السنة الأولى

2026- 2025

الوراثة الماندلية

علم الوراثة (Genetics) هو العلم الذي يدرس المورثات (الجينات) والوراثة وما ينتج عنه من تنوع الكائنات الحية. وكانت مبادئ توريث الصفات مستخدمة منذ تاريخ بعيد لتحسين المحصول الزراعي وتحسين 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.

ولكن علم الوراثة الحديث ابتدأ بالعالم غريفور مندل *Gregor Mendel* في منتصف القرن التاسع عشر، حيث قام مندل بمراقبة الصفات الموروثة للكائنات الحية وكيفية انتقالها من الآباء إلى الأبناء، ولكنه لم يكتشف آلية هذا الانتقال التي تتم عن طريق وحدات مميزة في توريث الصفات وهي المورثات (الجيناتGenes) ، وهي تمثل مناطق معينة من شريط *الـDNA*، هذا الشريط هو عبارة عن تتالي وحدات جزيئية تدعي *النيكليوتيداتNucleotides*، ترتيب وتسلسل هذه النيكليوتيدات يمثل المعلومات الوراثية لصفات الكائن الحي.

الوراثة المنفصلة و قوانين ماندل:

يعد غريفور_مندل واضع حجر الأساس لعلم الوراثة، وهو أول من توصل إلى نتائج ذات أهمية في هذا العلم .في عام 1866 استطاع مندل توضيح نتائجه التي جمعها في السنوات السابقة، ولكنها أهملت حتى بداية عام 1900 حين اكتشف العلماء أهمية تلك التجارب بعد وفاته .وقد عمل مندل في وقت لم تكن_الصبغيات أو انقسام الخلايا قد عرفت بعد، ومع ذلك فقد أعطى تفسيرات تتطابق مع ما يتوافر حالياً من معلومات عن آلية التوارث، وقد استخدم مندل نبات البازلاء في تجاربه فبدأ بتسجيل الصفات الأساسية للنباتات التي درسها، مما مكنه من متابعة الأجيال المتعاقبة وتحديدها بدقة، فركز ماندل على اختيار بعض الصفات مثل طول الساق والألوان وشكل الثمار، بالإضافة الى تركيزه على عدد الأفراد ذات الصفات المشتركة في كل جيل ، مما سمح له باستنتاج قوانين سميت فيما بعد بقوانين ماندل ، ومن أجل ذلك اعتمد ماندل على المعطيات التالية:

1- اعتمد ماندل على الأفراد ذات السلالات الصافية من نبات البازلاء حيث تتقابل فيها الصفات مثنى *مثنى*.

2- كان اختيار ماندل موفقاً لنبات البازلاء لأسباب عديدة:

أ-التحكم بتوقيت نضج الأعراس الذكرية والأنثوية والتحكم بتلقيحها.

3- الزهرة مغلقة لأن التلقيح لديها ذاتي فهي خنثى، من نوع **.Pisum sativum** إن هذا التركيب يتيح إجراء عمليتي التلقيح الذاتي عن طريق تغطية الأزهار بأكياس من الحرير، كما يتيح إجراء عملية التلقيح الخلطي بتزويد ميسم الزهرة بحبوب لقاح من نبات آخر باستخدام ريشة ألوان.

4- وجود عدة أنواع من الصفات الوراثية المتضادة التي يمكن ويسهل ملاحظتها ودراستها. فمثلا تكون البذور مجعدة أو ملساء، وتكون السيقان طويلة أو قصيرة.

5- قصر دورة حياة هذه النبتة، مما مكّن مندل من الحصول على النتائج بشكل سريع.

6- سهولة زراعة نبات البازيلاء وجمع بذوره.

لقد نشر ماندل نتائج أبحاثه الوراثية على نبات البازلاء عام 1866 بإحدى المجلات العلمية فلم يلتفت احد لهذه النتائج حتى عام 1902 .

قام ماندل بحصر عشرون صفة في نبات البازلاء ولكن وقع اختياره على سبع صفات فقط وعلى أساسها استنتج قوانينه وبنى نتائجه عليها.

الهجونة الأحادية:

اتبع مندل المنهج العلمي في البحث والتجريب، ولتوضيح تجاربه:

- زرع مندل عدداً من بذور البازيلاء أزهارها أرجوانية اللون، وترك كل منها تلقح ذاتيا للحصول على سلالة نقية للصفة. ثم قام بإجراء التلقيح الخلطي، حيث نقل حبوب لقاح من نبات أرجواني الأزهار إلى مياسم نبات أبيض الأزهار، ثم عكس العملية وسمي

هذين النباتين بالآباء .P وقد ضمن عملية التلقيح الخلطي بقطع أسدية النبات المنقول إليه حبوب اللقاح.

1. زرع البذور الناتجة من النباتات السابقة، فنمت هذه البذور، ووجد أن النباتات جميعها أفرد الجيل الأول F_1 ، وكانت أرجوانية الأزهار.

2. لمعرفة ما حصل لصفة اللون الأبيض للأزهار، زرع بذور نباتات الجيل الأول، وسمح لها بالتلقيح الذاتي، فحصل على 4/3 الجيل الناتج أزهارها أرجوانية، والـ 4/1 الباقي أزهارها بيضاء، بنسبة عددية تقارب 3 أرجوانية 1 : بيضاء، وسميت النباتات الناتجة بأفراد الجيل الثاني F_2.

3. قام مندل بإعادة الخطوات السابقة على الصفات الستة الأخرى، مثل لون القرون، وطول الساق، ولون البذور، إلخ. وكان يحصل على نتائج مماثلة في كل حالة بالنسبة لأفراد الجيل الأول، والثاني، حيث كان يظهر في كل مرة صفة لأحد الأبوين في الجيل الأول وتختفي في الجيل الثاني. وسمّى الصفة التي تظهر بالصفة السائدة dominant trait والصفة التي اختفت بالصفة المتنحية recessive trait .

كيف فسر مندل هذه النتائج؟

لخص مندل اكتشافاته في قانونين :**قانون الانفصال**Law of Segregation ، و**قانون التوزيع المستقل.**

قانون انعزال الصفات (القانون الأول)

قانون الانفصال: ينص على أن كل فرد يحمل زوجاً من الألائل(أشكال مختلفة من الجينات) لكل سمة .وكل من الأبوين يورث عشوائياً أحد الأليلين لنسله، فيحصل النسل على زوج خاص من الألائل (أليل من كل من الأبوين). الأليل السائد من بين الأليلين هو الذي يحدد كيفية ظهور السمة في النسل (مثل لون النبتة، لون فراء الحيوان، لون عيني الشخص).

قانون التوزيع المستقل (القانون الثاني)

قانون التوزيع المستقل، المعروف أيضا بقانون الوراثة، ينص على أن الجينات المنفصلة للسمات المنفصلة تورث من الوالدين إلى النسل بشكل مستقل عن بعضها البعض. أي أن اختيار أليل معين من بين الأليلين ليتم توريثه لسمة معينة لا يؤثر على اختيار أي أليل آخر لأي سمة أخرى ليتم توريثه. أي أنه، على سبيل المثال، لا تمت علاقة بين لون القط وطول ذيله. وفي الحقيقة هذا القانون ينطبق فقط على الجينات غير المرتبطة ببعضها البعض.

كيف فسر مندل هذه النتائج؟

وضع مندل مجموعة من مجموعة من الفرضيات لتفسير النتائج التي توصل إليها:

1. افترض مندل أن من يجعل نبات البازيلاء أرجواني الأزهار أو أبيض الأزهار يعتمد على عوامل داخلية، سمّاها العوامل الوراثية، وهذه العوامل بالمفهوم المعاصر هي الجينات التي تحملها الكروموسومات.
2. الصفة الوراثية التي يحددها عاملان) جينان (على الزوج الصبغي المتماثل، ورمز مندل للعامل السائد بحرف كبير، وللعامل المتنحي بحرف صغير، وعندما يكون هذان العاملان متشابهين فيقال عندها: إن الصفة متماثلة الجينات (نقية)، وعندما يكونان متخالفين يقال عندها إن الصفة الوراثية غير متماثلة الجينات (غير نقية).
3. عند إنتاج الجاميتات(حبوب اللقاح والبويضات) فإن العاملين الوراثيين في كل زوج من العوامل يجب أن ينفصلا بحيث يحتوي العرس(Gamete) الواحد على عامل واحد لكل صفة. فإذا رمزنا للون الأزهارالأرجواني نقي الصفة بالحرفين PP فإن الاعراس تحتوي على عامل واحد فقط P أو p.

نتائج مندل على وراثة صفة لون الأزهار في نبات البازيلاء	
P_1 الطرز الشكلة للآباء	الأزهار أرجوانية (نقية) × الأزهار البيضاء

(↓ انقسام منصف) P_1 الطرز الجينية للآباء	PP × pp
الجاميتات	P,P × p,p
F_1 الطرز الجينية لأفراد	**P**p

(تلقيح ذاتي لأفراد الجيل الأول)

نتائج مندل على وراثة صفة لون الأزهار في نبات البازيلاء	
(↓ انقسام منصف)P_2	**P**p × **P**p
(↓ انقسام منصف) P_1 الطرز الجينية للآباء	**PP** × pp
الجاميتات	**P**,p × **P**,p
F_2 الطرز الجينية لأفراد	**PP**, **P**p, **P**p, pp
نسبة الأفراد الناتجة	بيضاء == 25% = 1 : أرجونية = 75% == 3

إن هذه الفروض قادات إلى قانون مندل الأول في الوراثة الذي يسمى **قانون انعزال الصفات** وينص على : "زوج العوامل (الجينات) المتقابلة تنفصل عند تكوين الجاميتات في عملية الانقسام الانتصافي."

ربما يتساءل البعض عن سبب إعطاء الرمز P في تجربة مندل لجين اللون الأرجواني للأزهار، والمرمز p لجين اللون الأبيض؟ لاحظ أن نباتات الجيل الأول ظهرت في تجربة مندل أرجوانية الأزهار على الرغم من الطراز الجيني لهذه الصفةPp ، وهذا يعني أن جين اللون الأرجواني لزهرة البازلاء P قد ستر وأختفي أثر جين اللون الأبيض، لذا يسمى الجين السائد dominant trait ، أما جين اللون الأبيض p الذي اختفى أثره عند التقائه مع الجين السائد فيسمى بالجين المتنحي recessive trait .

و يلاحظ مما سبق أن الصفة الواحدة في نبات البازلاء يحددها زوج من الجينات، وهو الحال في عدد كبير من الصفات في كائنات حية أخرى. ولكن قد تتحدد بعض الصفات بأكثر من زوج من الجينات، كما في صفة الطول لدى الإنسان.

قام بعض العلماء بتطبيق الهجونة الأحادية على الحيوانات لاختبار نتائج ماندل، فتم تهجين فأر سنجابي (الصفة السنجابية صفة سائدة) مع فأر أبيض اللون (اللون الأبيض صفة متنحية) ، فكانت أفراد الجيل الأول F_1 جميعها تحمل اللون السنجابي ، وتم تهجين الجيل الأول مع بعضها البعض ، فحصلوا على النسب الماندلية في أفراد الجيل الثانيF_2 ، فكانت النسب السنجابي الى الأبيض هي 3:1 على الترتيب .

لقد رمزوا للون السنجابي بحرف G وللون الأبيض بحرف g ، فكانت المورثتين محمولتين على صبغيين (كروموسومين) متقابلين من صبغيات الفأر المكونة من عشرين شفع (زوج) من الصبغيات المتقابلة.

لقد أقر ماندل بكل ثقة بوجود الصبغيات الأخوية المتقابلة Alleles ، وأن المورثات توجد على هذه الصبغيات المتقابلة، ثم تنفصل هذه الصبغيات في الأعراس ، وهذا ما أثبتته الدراسات الحديثة الصفات الوراثية الماندلية.

وهكذا يتحقق مبدأ ماندل الأول في افتراق الصفات في الجيل الثاني F_2 ، وهذا هو قانون ماندل الأول.(**قانون افتراق الصفات**).

استنتج ماندل قانونه الأول في افتراق الصفات في الجيل الثاني F_2 بعد تجارب التهجين الكثيرة على نبات البازلاء التي تناولت البذور المستديرة والفلقات الصفراء والأزهار البيضاء والقرون الممتلئة والقرون الصفراء والازهرار المحوري والساق الطويلة وما يقابل هذه الصفات قام ماندل باختبار هذا القانون عن طريق زراعة أفراد الجيل الثاني ، حيث قامت هذه النباتات بالتلقيح الذاتي ، وكانت نتائج التهجين هذه صحيحة تماماً، حيث قام علماء الوراثة في القرن العشرين الميلادي بإجراء اختبارات على نتائج ماندل ، وكانت جميع النتائج التهجينية صحيحة وسليمة بالمنطق العلمي التجريبي.

المصطلحات الوراثية:

الوحدة الوراثية أو العنصر الوراثي الذي يتحكم في احدى صفات نبات البازلاء أو غيره من الأحياء يدعى بالمورثة Gene كما أسماها الباحث Johansson .

2-كل عنصرين وراثيين متقابلين مثل GG أو Gg يسميان بالمورثتين المتقابلتين أو Alleles

3-تدعى المورثتين المتقابلتين SS أو Ss بالطابع الوراثي Genotype.

4-عندما تكون المورثتان المتقابلتان غير متماثلتان مثل Ss أو Bb يدعى الفرد الحامل لهذه الصيغة الصبغية بمتخالف اللواقح Heterozygous.

5- عندما تكون المورثتان المتقابلتان متماثلتان مثل SS أو ss يدعى الفرد الحامل لاحدى هذه الصيغ الوراثية بمتماثل اللواقح Homozygous.

6-الصفة السائدة في الجيل الأول F_1 تدعى بـ Dominant ، أما الصفة المتنحية فتدعى Recessive.

7-تسمى الصفة الظاهرة أو النمط الظاهري Phenotype ويكون النمط الظاهري للصفة السائدة الصافية أو الهجينة واحد.

8-العضيات التي تحمل المورثات والموجودة في نواة الخلايا تدعى بالصبغيات أو Chromosomes الكروموسومات.

9- تستعمل الأحرف الأبجدية الكبيرة لتمثيل الصفة السائدة، أما الأحرف الأبجدية الصغيرة فتمثل عن الصفة المتنحية.

10- يشير الطابع الوراثي Genotype الى كامل المورثات ضمن الخلية، ويشير الطابع الظاهري phenotype الى كامل الصفات التي تعبر عنها الخلية في وقت ما أو زمن معين.

الوراثة الماندلية في الأرنب:

قام علماء الوراثة بالتأكد من نتائج ماندل السابقة بشكلها وجوهرها، وأجروا التهجين على الأرانب البرية التي تمتلك طبقة شحمية بيضاء تحت جلدها وبين الأرانب الأهلية التي لديها طبقة شحمية صفراء ، فكان أفراد الجيل الأول جميعها تحمل شحوم بيضاء (صفة سائدة) ، وعند تهجين أفراد الجيل الأول مع بعضها حصلوا على 75% تحمل شحوم بيضاء و25% ذات شحوم صفراء في الجيل الثاني F_2.

النمط الظاهري للأبوين أرنب شحوم بيضاء ☒ أرنب شحوم صفراء

النمط الوراثي للأبوين BB ☒ bb

الأعراس (B 1/1) ☒ (b 1/1)

النمط الوراثي لأفراد الجيل الأول F1 Bb1/1

النمط الظاهري لأفراد الجيل الأول F1 100% بيضاء الشحوم

تهجين أفراد الجيل الأول Bb ☒ Bb

الأعراس ($B_{1/2}+b_{1/2}$) ☒ ☒ ($B_{1/2}+b_{1/2}$)

النمط الوراثي F2 bb1/4+1/4 Bb+1/4 Bb+1/4 BB

النمط الظاهري F_2 75% شحوم بيضاء+25% شحوم صفراء

هذا هو النموذج المثالي في حل المسائل الوراثية الخاصة في الهجونة الأحادية والخاضعة للتهجين الماندلي أو ما يسمى بقانون ماندل الأول الوراثي .

التهجين الراجع Back Cross:

قام ماندل باستخدام التهجين الراجع لاختبار المبادئ والأسس الوراثية التي توصل اليها، ولكي يتحرى سلوك وتوزيع المورثات .

أجرى ماندل نوع من التهجين وأسماه بالتهجين الراجع ، فأخذ يهجن أفراد الجيل الأول F_1 مع الأب المتنحي فحصل الى 50% نباتات بازلاء تحمل الصفة السائدة و50% نباتات بازلاء تحمل الصفة المتنحية وكلا السلالتان تظهران تماماً .

النمط الظاهري	نبات بازلاء من F1	*	الأب المتنحي
	ذو ساق طويل		ذو ساق قصير
النمط الوراثي	Tt	*	tt
الأعراس	$(T_{1/2}+t_{1/2})$	*	$(t_{1/1})$
النمط الوراثي	$tt_{1/2}$	+	$Tt_{1/2}$
النمط الظاهري	50% بازلاء قصيرة الساق	+	50% بازلاء طويلة الساق

قال ماندل أن التهجين الراجع يتم بين أفراد الجيل الأول من الهجونة الأحادية مع الأب الذي يحمل الصفة المتنحية.

واذا أردنا اختبار أحد الأفراد الذي يحمل الصفة السائدة ولكنه غير معروف الأصل الوراثي فيجب اختباره أو تهجينه مع فرد يحمل صفة متنحية متقابلة مع الصفة السائدة، فاذا أعطت نتائج التهجين لأفراد الجيل وكانت تحمل الصفة السائدة فقط نقول بأن الفرد الذي أجري اختباره بأنه يحمل صفة سائدة صافية، أما إذا أعطت نتائج التهجين نصف سائد ونصف متنحي نقول عن الفرد الذي أجري اختباره بأنه يحمل صفة سائدة هجينة.

أجرى علماء الوراثة التهجين الراجع على الأرانب لاختبار نتائج ماندل في هذا التهجين كما يلي:

النمط الظاهري	أرنب من F1	*	أرنب المتنحي
	ذو شحوم بيضاء		ذو شحوم صفراء
النمط الوراثي	Bb	*	bb

الأعراس $(b_{1/1})$ * $(b_{1/2}+B_{1/2})$

النمط الوراثي $bb_{1/2}$ + $Bb_{1/2}$

النمط الظاهري 50% أرانب ذو شحوم بيضاء + 50% أرانب ذو شحوم بيضاء

لا يمكن إجراء التهجين الراجع مع الأب الذي يحمل الصفة السائدة الصافية، لأننا سنحصل على أفراد جميعها تحمل الصفة السائدة، وبذلك ليس باستطاعتنا تحديد الطابع الوراثي للفرد الذي أجري اختباره فيما إذا كان من سلالة صافية أو هجينة.