علم الوراثة Genetics من فروع علم الأحياء، يعني بدراسة كيفية انتقال الصفات من الآباء للأبناء عن طريق المورثات (الجينات) ، وتفسير أوجه التشابه والاختلاف بين أفراد النوع الواحد.

بعض أقسام علم الوراثة

١. علم وراثة الخلية Cytogenetics :هو علم يدرس الخلية من حيث التركيب والوظيفة، ويعتبر الميكروسكوب الأداة الاساسية لاجراء الدراسات وفحص الخلايا والكروموسومات .
٢. علم الوراثة الجزيئي هو العلم الذي يدرس تركيب ووظيفة الجينات على مستوى DNA وRNA والبروتين أي المستوى الجزيئي لنقل المعلومات الوراثية.
٣. وراثة العشائر Population Genetics هو فرع من علم الوراثة الذي يهتم بدراسة سلوك الجينات في العشيرة أو العشائر والتطور الحاصل في العشيرة تحت ظروف الانتخاب الطبيعي .
٤. الهندسة الوراثية Genetic engineering، هي التقنية التي تتعامل مع الجينات، أو الوحدات الوراثية المتواجدة على الكروموسومات فصلاً ووصلاً وإدخالاً لأجزاء منها من كائن إلى آخر.
٥. الوراثة الكمية التي تعنى بدراسة الصفات الكمية ، وهي الصفات التي يوجد فيها استمرار في **الشكل المظهري ، والتي تتدرج من مستوى لاخر دون وجود فواصل محددة بين المستويات المختلفة كما في صفات الطول وموعد النضج ... الخ**
٦. **وراثة الطفرات:** القسم الذي يهتم بدراسة ظهور صفات ظاهرية جديدة لم تكن موجودة في الآباء ناتجة عن تغيرات فجائية في كمية المادة الوراثية أو تركيبها .
٧. **تربية النبات: هو احد العلوم الزراعية المهمة الذي يبحث في تحسين الصفات الوراثية للمحاصيل مما ينتج عنه اصناف جديدة قد تختلف جزئيا او كليا عن اصلها الوراثي.**

بعض المصطلحات

التركيب الوراثي (الطرز الجينية) Genotype هي المعلومات المخزنة في جزيئات DNA على شكل مجموع المكونات الوراثية (الجينات) التي يستلمها النسل عن أبائه

والتركيب المظهري Phenotype هو مظهر الكائن الحي او مجموع خصائصه ومميزاته كاللون colour والشكل form والحجم size والسلوك behaviour والتركيب الكيمياوي والتشريحي. لأي كائن حي هو ناتج التداخل بين الطرز الوراثي مع البيئة ، تشابه الأشكال المظهرية لا يعني تشابه التراكيب الجينية .

فالطرز المظهري = طراز وراثي+ بيئة

الكميت Gamete خلية تناسلية ناضجة ذكرية أو أنثوية تمونت بالانقسام وتحتوي على نصف العدد الكروموسومي (أحادية المجموعة الكروموسومية) .

الجين Gene وحدة المادة الوراثية. وهو جزء من احد سلسلتي DNA (الحامض النووي الديؤكسي رايبوزي منقوص الاوكسجين) مسؤول عن اصدار شيفرة وراثية لبناء بروتين أو انزيم معين يتحكم بصفة وراثية معينة في الخلية.

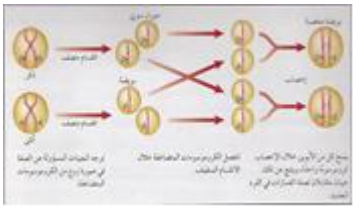
كروموسوم Chromosome اصطلاح Chromo الصبغة some جسم ، تركيب خيطي الشكل ، غني بحامض DNA ، يحتوي على الجينات النووية ، ويشاهد بصورة واضحة بشكل قضيبين عند تقلصه خلال عملية الانقسام النووي. ولكل نوع من الكائنات الحية عدد مميز من الكروموسومات.

Homozygous الكائنات الحية التي تحمل تراكيب وراثية نقية والكروموسومات المتناظرة تحمل جينات متشابهة ، اليل واحد مثل DD أو .dd

Heterozygous الكائنات الحية التي تحمل تراكيب وراثية مختلفة والكروموسومات المتناظرة تحمل جينات غير متشابهة ، مثل Dd

بعض مراحل تطور علم الوراثة

- كانت نظرية الامتزاج blending theory تمثل الصورة السابقة للوراثة قبل عهد مندل حيث كان يعتقد ان المادة الوراثية شيء مشابه للسائل ولذا فان الابناء الناتجة عن تزاوج حيوانات سوداء باخري بيضاء اللون تكون رصاصية اللون وان المادة الوراثية المختلطة لا تستطيع الانفصال تماما .
- ولد العالم النمساوي **جريجور مندل (Mendel Gregor)** عام ١٨٢٢. وأجرى تجاربه الوراثية على نبات البازلاء *Pisum sativum* التي استمرت ٨ سنوات حيث درس قرابة ٣٠٠٠٠ نبتة ، هو أول من تتبع صفة واحدة عبر الاجيال واعلن نتائج ابحاثه عام ١٨٦٥ بعنوان (تجارب تهجينات في النبات Experiments in plant hybridization) . يعتبر مندل ابا لعلم الوراثة نتيجة عمله الدقيق وتجاربه التي أجراها على نبات البزاليا وقد أصبحت الاستنتاجات التي حصل عليها أساسا لعلم الوراثة اليوم. ومندل أول من تعرف على العوامل الوراثية (الجينات) واسماها (عوامل)
- بالرغم من ان مندل توصل الى قوانينه الوراثية عام ١٨٦٥لكنها بقيت غير معروفة لعدة سنوات وفي عام ١٩٠٠ توصل ثلاثة من العلماء الى نفس ما توصل الية مندل وهم العالم الهولندي de vries والعالم الالماني correns والعالم النمساوي Von Tschermark .
- استطاع العالم موركان ١٨٦٦ – ١٩٤٥ ومساعدوه إن يحولوا مفهوم مندل إلى حقيقة واقعية أبدل كلمة عامل factor بكلمة (gene) المورثة كشيء معين واقعاً على الكر وموسوم يمثل بشكل أو بشكل أخر صفة من صفات الكائن الحي .



ما الذي يحكم الصفات الوراثية؟ الجينات وكل صفة مسؤول عنها زوج من الجينات يسمى الجينات المتقابلة او (الاليل). تنفصل هذه الجينات مع انفصال الكروموسومات في الانقسام المنصف

<u>اسباب نجاح مندل فى التوصل إلى قوانين وراثية محددة؟ تميزت تجاربه عن العلماء السابقين:</u>

١- ركز اهتمامه على صفة واحدة او عدد قليل من الصفات الواضحة
٢- أجرى تهجينات محددة، حيث اختار أبوان يختلفان في صفة او صفتين على الاكثر .
٣- وضع نظرية تقول ان الذي يتحكم في هذه الصفات هي عوامل Factors (الجينات)
٤- واستخدام أعداد كبيرة من النباتات، واستخدم الاحتمالات والإحصاء الرياضي

وقد درس مندل سبعة أزواج من الصفات كما مبين في الجدول

	الصفه	السائدة Dominant	المتنحية Recessive
١	ارتفاع الساق	طويل	قصيرة
٢	لون ألقرنه غير الناضجة	خضراء	صفراء
٣	موقع الزهرة	إبطيه الموقع	طرفية (قمي)
٤	لون المادة الغذائية في البذور الناضجة	صفراء	خضراء
٥	شكل البذرة	ملساء	مجعدة
٦	شكل ألقرنه	منتفخة	مضغوطة
٧	لون الزهرة	بنفسجي	ابيض

كان اختيار مندل لنبات البازلاء موفقاً لعدة أسباب منها :

١- أن نظام الزهرة يضمن التلقيح الذاتي
٢- أن عملية التلقيح الصناعي بسيطة لا تتعدى فتح الغلاف ونزع ألمتك من الزهرة إلام قبل انفتاحها (Emasculation) والتلقيح مباشرة من النبات المرغوب استعماله كاب
٣- وجود أصناف أصيله كثيرة بينها فروق عديدة يمكن تميزها بسهوله
٤- الهجين أو النسل الناتج من تضريب أبوين مختلفين بصفه واحده أو أكثر كاملة الخصوبة
٥- قصر دوره حياته

هذه الأسباب تظهر الخصائص التي يجب إن يتميز بها الكائن الحي المستعمل بالدراسات الوراثية

١- الاختلافات variation يتميز إفراده باختلاف في صفاته واضحة وغير مستمرة
٢- امكانية التحكم بالتزاوج controlled mattings اذا امكن التحكم في اختيار الاباء الحاملين لصفات معينة ثم متابعة النسل الناتج من تزاوجهم فان ذلك يسهل من الدراسة الوراثية
٣- سهولة تربيته وتربية أجياله بتكاليف قليله ووقت قصير
٤- قصر دوره حياته short life cycle كلما قصرت الفترة بين الجيل والجيل الاخر كلما ازدادت المعلومات التي يجمعها الباحث عن صفات الكائن المدروس

قانون مندل الاول (انعزال العوامل): principle segregation

حاول مندل تفسير ظهور الصفة السائدة واختفاء الصفة المتنحية فوضع مجموعة من الفروض:

١. تنتقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء عن طريق عوامل وراثية factors (الجينات).
٢. يتحكم بكل صفة وراثية في الكائن الحي عاملان وراثيان (أحدهما من الأب والآخر من الأم) ويكون هذان العاملان متشابهين إذا كانت الصفة نقية وغير متشابهين (متخالفين) إذا كانت الصفة غير نقية ويسمى الكائن الحي الذي يحمل صفة غير نقية بالهجين Hybrid.
٣. تتحد الكميتات مع بعضها عشوائيا ، مع وجود السيادة التامة في الصفة.
٤. ينفصل العاملان الوراثيان لكل صفة عند تكوين الأمشاج بحيث يحمل المشيج عاملاً واحداً لكل صفة وراثية

وقد لخص مندل فروضه السابقة في قانون عرف بقانون مندل الأول واسماه قانون الانعزال: (تمثل الصفة الوراثية في الكائن الحي بعاملين وراثيين ينعزلان عن بعضهما عند تكوين الكميتات بحيث يحمل الكميت عاملاً وراثياً واحداً لكل صفة).

بمعنى "اذا اختلف فردان نقيان في زوج من الاليلات فانهما ينتجان بعد تزاوجهما جيلا به صفه احد الفردين فقط (السائدة) ثم تورث الصفتان في الجيل الثاني

- نباتات الجيل الاول تأخذ مظهر الاب الذي يحمل الصفة السائدة
- عدد الفئات المظهرية في الجيل الثاني ٢
- بنسبة تركيب مظهري ٣ سائد : ١ متنحي ،
- عدد الطرز الوراثية في الجيل الثاني ٣
- ونسبة تركيب وراثي ١ سائد : ٢ سائد هجين : ١ متنحي

مثال : - ضرب مندل في إحدى تجاربه نباتات بزاليا نقيه طويل الساق TT وأخرى قصيرة الساق tt الساق يكون النبات النقي طويل الساق TT نوعاً واحداً من الأمشاج T كما يكون النبات قصير الساق tt نوعا واحدا من الأمشاج فكانت جميع نباتات الجيل الأول طويلة Tt

قصيرة	×	**طويلة**	

P	TT	Meiosis	Tt
G	T		T
	Fertilization		
F1(First Filial)	طويل الساق هجين Tt 100%		

وعنده ترك نباتات الجيل الأول للتلقيح الذاتي تظهر الصفة السائدة بنسبة ٧٥% والصفة المتنحية بنسبة ٢٥% من أفراد الجيل الثاني

	طويلة		×	طويلة	
P	Tt		Meiosis	Tt	
G1	T	t		T	T
	Fertilization التلقيح				
F2 (Second Filial)	TT	Tt		Tt	
	¼	1/2		¼	
Genotypic ratio النسبة الوراثية	1:2: 1				
Phenotypic ratio النسبة المظهرية	3:1				

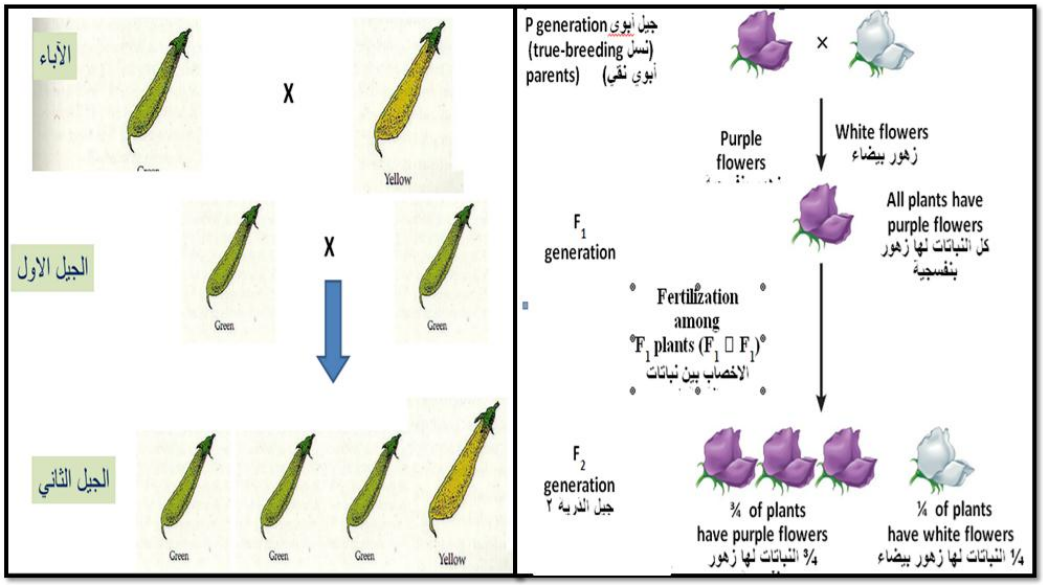
يستنتج من المثال بأن الانقسام الاختزالي Meiosis Division الذي يحدث في الخلايا الجسمية Somatic Cells يؤدي إلى انتاج خلايا جنسية Sexual Cells وهي احادي المجموعة الكروموسومية وتسمى Mono-ploid أو Haploid وهذه الخلايا الجنسية تسمى Gametes .

أن الخلايا الجسمية Somatic Cells تحتوي على العدد الكامل من الكروموسومات 2n ثنائية التضاعف Diploid بينما الخلايا الجنسية Haploid أي تحوي على نصف العدد الأصلي من الكروموسومات 1n وهذه الخلايا الجنسية تسمى Gametes .

فمثلا الانسان له ٤٦ كروموسوم ٢٣ زوج في الخلايا الجسمية ، لكن عند الانقسام الاختزالي تتكون الخلايا الجنسية فيها نصف العدد من الكروموسومات أي ٢٣ كروموسوم. الخلايا الجنسية الذكرية ٢٣ كروموسوم والانثوية ٢٣ كروموسوم اتحاد Sperm مع Oval عند العملية الجنسية تكون Zygote فيه ٤٦ كروموسوم جاءت ٢٣ من الام و٢٣ من الاب .

وفي النبات تسمى الخلية الذكرية حبة اللقاح Pollen والخلية الانثوية تسمى البويضة Oval.

<u>أمثلة</u> توضح الشكل المظهري لزهرة وقرنة البازلاء الخاضعة لدراسة مندل



تحليل تجربة مندل لدراسة القانون الأول

- السيقان الطويلة للنباتات ذات النمط الجيني (Tt) لابد و انه عائد إلى أن الأليل السائد T الذي عبر عن صفة الساق الطويلة وهي سادت "سيادة تامة Complete dominance " على الاليل t الذي اعتبر متنحياً، و يكون الانعزال بنسبة ١:٣.

- لو كانت سيادة الأليل T على الأليل t "سيادة غير تامة Incomplete dominance"، يكون الانعزال بنسبة ١:٢:١
- الفرد الحامل للتركيب السائد (TT) يسمى فرد متماثل سائد Homozygous dominant ، والفرد الحامل لتركيب متنحي (tt) يسمى فرد متماثل متنحي Homozygous recessive.
- الفرد الحامل للتركيب الخليط Tt، يسمى غير متماثل Heterozygous.
- عدم ظهور نباتات قصير في الجيل الأول وظهورها في الجيل الثاني هي دليل على أن العامل الذي يحكم هذه الصفة لم يفقد ولم يتحور، ولكن لم يعبر عن نفسه حيث لم تظهر نباتات متوسطة الطول

بعض الصفات الوراثية في الانسان التي تخضع لقانون مندل الاول

	شعر الرأس			العين			الانف	
الصفة السائدة	الاسود	المجعد	الكثيف	البنى	المتسعة	الرموش الطويلة	قصيرة	مقوسة
الصفة المتنحية	البنى	الناعم	الخفيف	الازرق	الضيقة	الرموش القصيرة	طويلة	معتدلة

- ماذا تسمى الصفات الظاهرة في الأفراد ؟ الصفات الظاهرة أو الشكلية في الكائن الحي تسمى التركيب الظاهريPhenotype
- ماذا تسمى العوامل الوراثية التي تحملها الأفراد؟ العوامل الوراثية (الجينات) لصفة أو أكثر التي يحملها الفرد تسمى التركيب الجيني Genotype
- كم عاملاً للصفة الواحدة يحمل المشيج؟
- ـ كم نوعاً من الأمشاج نتجت من الأب، الأم، الجيل الأول؟
- أن الصفة تمثل بعامل واحد في المشيج، ويسمى كل عامل من عـاملي الصفة الواحدة الأليل Alleleفالرموز T, t تشير إلى أليلات صفة الطول على سبيل المثال.
- ـ متى يكون أليلا الصفة متماثلين؟ ومتى يكونان مختلفين؟

بعض العيوب والأمراض التي تورث في الإنسان

١) الصم والبكم وفقدان الذاكرة --- تحمل على جين متنحي

٢) تفلطح القدم وبروز الفك السفلى وقصر أصابع اليد وارتفاع ضغط الدم تحمل على جين سائد

أبوان طبيعيان أنجبا طفلا أصم ؟؟ لان جين الصمم متنحى ويكون الأبوان هجناء ..... مع التفسير الوراثى

ملاحظة :الصفة الناتجة من الطفرة تنشأ عادة عن أليل (allele) متنحي وذلك لان اغلب الطفرات تكون متنحية

التهجين الرجعي back cross: هو تلقيح أفراد نباتات الجيل الأول مع الآب ذو التركيب الجيني المتنحي الأصيل، بهدف التمييز بين النمط المتماثل السائد و النمط المتباين (الخليط).
لم يكتفي مندل بهذه التجارب بل قام بتجارب أخرى لدعم فرضيته وذلك بإجراء التهجين الرجعي back cross . حيث ضرب نبتات طويلة الساق من الجيل الاول بنباتات قصيرة الساق من الاباء وأنتجت ذرية نصفها طويلة الساق ونصفها الآخر قصيرة الساق . أستعمل مندل فرضية الأنعزال لتفسير نتائج التهجين الرجعي الذي يزيد في إيضاح مبدأ الانعزال لأن إنفصال العوامل يمكن أختباره فقط في الأب Dd الذي ينتج نوعين من الأمشاج D و d . أما الأب القصير الساق dd فينتج نوعاً واحداً من الأمشاج d .

التلقيح الاختباري Testcross وهو تضريب أفراد متباينة الزيجة Heterozygote أو أفراد مجهولة التركيب الوراثي مع أفراد مماثلة الزيجة Homozygote للجين المتنحي المعني .والذي يعتبر ذا أهمية عالية جداً وله أستعمالات كثيرة في علم الوراثة ، وكذلك يستعمل تضريب

الإختبار في برامج التربية العملية لتعيين النمط الوراثي لفرد ما الذي قد يحمل أليلات متنحية والتي يختفي تعبيرها بأليلات سائدة .
هو طريقه للتعرف على التركيب الوراثي للفرد السائد هل هو (نقى Homozygous ام هجين Heterozygous) وذلك بإجراء تلقيح بينه مع فرد به الصفة المتنحية الذي يكون تركيبه الوراثي نقياً دائماً و **الهدف منه معرف النمط الجيني للنبات المجهول .**
فإذا كان الناتج كله به الصفة السائدة (تركيب مظهرى واحد) يكون الفرد المختبر سائدا نقيا وإذا كان الناتج نصفه به الصفة السائدة ونصفه به الصفة المتنحية (تركيبان مظهريان) كان الفرد المختبر سائدا هجينا

مثال: في إحدى النباتات صفة لون الأزهار الحمراء سائدة على صفة لون الأزهار البيضاء. فكيف يمكن تحديد ما إذا كان هذا النبات ذو الأزهار الحمراء متماثل (نقياً) أم هجيناً لهذه الصفة؟
الحل: نجري تلقيحاً االختبارياً بين هذا النبات ونبات يحمل أزهاراً بيضاء، فإذا رمزنا لأليل لون الأزهار الحمراء (R) ولأليل لون الأزهار البيضاء((rفإن نتائج التلقيح تكون كما يلي:

الآباء	زهرة بيضاء	زهرة حمراء
التركيب الجيني	rr	R?

نتائج الآباء

الاحتمال الأول

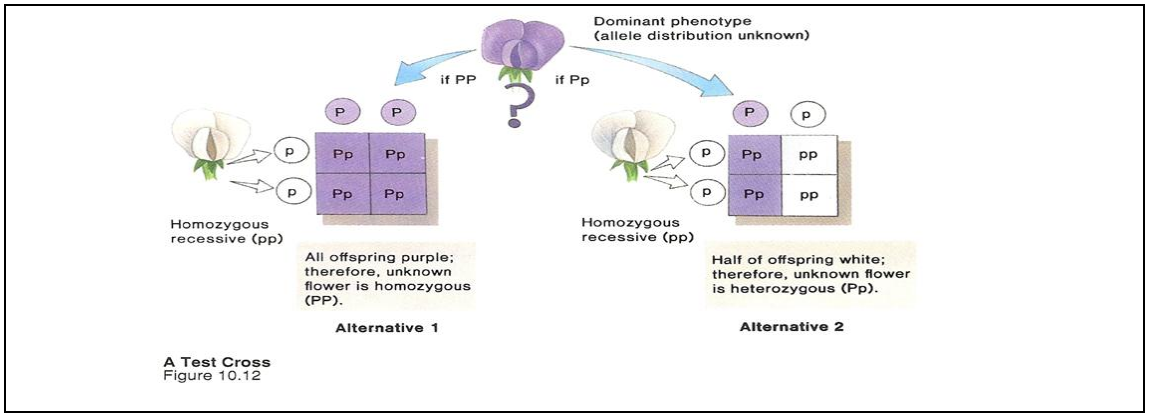
	r	R
R	Rr	Rr
R	Rr	Rr

جميعها حمراء الأزهار

الاحتمال الثاني

	r	r
R	Rr	Rr
r	rr	rr

٥٠% حمراء الأزهار، ٥٠% بيضاء الأزهار



يُستعان بالفرد المتنحي في إجراء التلقيح الاختباري؟ لأنه دائماً نقيا ومعلوم الطرز الجيني فعند تهجينه مع السائد النقي يكون الناتج ١٠٠% سائد وإذا تم تهجينه مع السائد الهجين يكون الناتج ٥٠% سائد : ٥٠ % متنحي.

تداخل الفعل الجيني Gene Interaction

السيادة Dominance:- وهو فعل وراثي ناتج من تداخل جيني بين اليلين على نفس الموقع الجيني Intra-allelic interaction فمثلا A متغلب على a وبذألك سيكون الفرد AA مماثلا للفرد Aa (AA=Aa) في المظهر الخارجي وكلاهما يختلف عن الفرد aa .

١- **السياده التامه** Complete Dominance: هي سيادة وتفوق صفة احد الجينات على صفة الجين الاخر فتظهر صفه الجين السائد فقط عند اجتماعهما معا (يوجد طرزان مظهريان).

AA ↓
Aa ——————— aa

٢- **السيادة الجزئية Partial Dominance** :- هنا يكون عندنا السيادة او التغلب الجزئي ، وفيها يكون Aa وسطا بين AA و aa . التشخيص هنا ابسط من الحالة الاولى Dominance اي السيادة او التغلب بسبب اختلاف AA عن Aa . يكون تدريج الصفة بالشكل التالي AA Aa aa . والفعل الجيني يكون إضافي Additive. ان هذا الفعل الجيني يسمى كذالك Semi dominance .

AA Aa ↓ aa

٣- **انعدام السياده :**حاله وراثيه يحكم وراثة الصفة فيها زوج من الجينات لا يستطيع احد الجينات ان يسود على الجين الآخر ولكن كل جين يعبر عن نفسه بنفس الدرجة فتظهر صفه وسطيه بينهما للفرد الهجين . (توجد ثلاثة طرز مظهرية) (وبنسبة ١ : ٢ : ١)

AA Aa ↓ aa

مثل :

- وراثة لون الازهار في نبات شب الليل (جين اللون الاحمر سائد والابيض سائد فعند اجتماعهما تظهر صفة وسطية لون قرنفلي)
- وراثة لون الريش فى الدجاج الأندلسي (جين اللون الاسود سائد والابيض سائد فعند اجتماعهما تظهر صفة وسطية لون ازرق)
- لا يجرى تلقيح اختباري لحاله انعدام السيادة ؟ لان الطرز المظهريه تدل بوضوح على الطرز الجينية لكل الافراد
- مثال : الدجاج الأندلسي : الاسود BB الابيض WW الازرق BW

و لان الطرز الجيني الهجين يحمل صفه وسطيه ولا يسود أي من الجينان على الاخر

٤- **السيادة المشتركة Co dominance:-** ينتج التغلب المشترك من وجود زوجين من الجينات مختلفة مظهريا من نفس الموقع الجيني في سلالة اخرى ، كأن يكون احدهما A1A1 والثانية A3A3 لنفس الصفة وكلاهما يعمل بصورة مشتركة عليها لاظهارها وذألك على نفس الموقع الجيني ونفس الكروموسوم وبذألك نحصل بعد التضريب على F1 بالتركيبة التالية:-

A1A3 A1A1 A3A3. تسمى عملية ظهور Hemizygous A1A3 وفيها فعل جيني تكميلي Complementary وهذه العملية مهمة في اظهار قوة الهجين بسبب كون الجينات من نوع Polymorphic اي متغايرة المظهر.

A3A3 A1A3 ↓ A1A1

سيادة المشاركة

٥- **الفعل المضاف Additive Action:-** يظهر الفعل الجيني المضاف او المضيف بأبرز صورة لدى تربية السلالات في نباتات خلطيه التلقيح لاسيما بطريقة خلية النحل (Honey comb = H.C.) حيث يتم استنباط سلالات نشطة Vigor Inbred ذات حاصل عالي قد يضاهي الهجين التي استنبطت منه . حيث يتفوق التركيب الوراثي الخليط في التعبير المظهري على كلا التركيبين المتماثلين

Aa AA ↓ aa

التحويرات على النسب المظهرية ٣ : ١

١. **السيادة غير التامة** :- أي أن الهجين يكون وسطاً في مظهره الخارجي، مثال جذر الفجل

$p_1 p_1$ طويل × $p_2 p_2$ كروي P

p_2 p_1 G1

$p_2 p_1$ بيضوي F1

طويل $p_1 p_1$ $p_1 p_1$ $p_2 p_2$ 2 بيضوي $p_2 p_2$ كروي F2

- نسبة التركيب المظهري 1:2:1 ، عدد الطرز المظهرية في الجيل الثاني ٣
- ونسبة تركيب وراثي 1:2:1 ، عدد الطرز الوراثية في الجيل الثاني ٣
- نباتات الجيل الاول تأخذ مظهر مختلف عن الابوين

أمثلة أخرى لهذه الحالة ، ازهار حلق السبع أبيض متنحي ، وأحمر سائد والهجين وردي، وفي الانسان فيما يخص نمط الدم تشمل فعل زوج من الاليلات للأجسام المضادة M وN حيث ينتجان الاجسام المضادة على سطح كريات الدم الحمراء.

الشخص الاصيل MM ينتج الجسم المضاد M والنقي MN ينتج المضاد N والشخص الهجين NN ينتج كلا المضادين وهنا النسبة المظهرية 1:2:1.

٢. **الجينات المميتة** Lethal**:** هي تلك الجينات التي يؤدي وجودها في الكائن الحي الى موته خلال مرحلة معينة من مراحل تكوينه الجنيني او عند الولادة او بعدها بقليل . (اساسا جينات اساسية لبقاء الكائن)

أولا ـ اذا كان الجين سائد وحالي التأثير موت كل الافراد الحاملة له وبالتالي فقده

وراثة اللون الأصفر للفيران

إن وراثة اللون الأصفر للفيران لا يتبع النسب المندلية المعروفة ، فعند إجراء التضريب التالي :

فاراً أصفر Yy×Yy فاراً أصفر

YY يموت : ٢\٣ Yy صفراء : ١\٣ yy أجوتي

في حين المفروض أن النسبة المندلية لتضريب ثنائي الهجين وهي ٣\٤ أصفر : ١\٤ أجوتي ، وعند تضريب النسل الأصفر مع الأجوتي لم يلاحظ وجود فئران صفراء متماثلة الزيجة في الأفراد الناتجة حيث كانت متباينة الزيجة ، وبينت أبحاث علماء آخرين إن ٢٥٪ من الأجنة تكون ميتة من التزاوج أعلاه وهذه الأجنة تكون متماثلة الزيجة للون الأصفر .

ثانيا ـ اذا كان الجين متنحي :

١) بادرات بيضاء Albino (عديمة الكلوروفيل)

أ- في حالة الذرة الصفراء احياناً تنتج بادرات بيضاء Albino (عديمة الكلوروفيل) ، تموت بعد ١٠ أيام.

GG، Gg أخضر ، Albino gg

Gg أخضر هجين × Gg أخضر هجين P

تموت gg 2 Gg أخضر هجين GG أخضر سائد

النسبة المظهرية ١٠٠% أخضر

النسبة الوراثية ٢ : ١

ب- وفي نبات حلق السبع حيث ان النمط الظاهري اخضر الأوراق نمط ظاهري عائد الى اليل سائد aurea ففي متماثل الزيجة لهذا الاليل فان النبات يكون غير قادر على صنع الكلوروفيل بنفسه فإنها تموت قبل الإنبات أو كبادرات اما متباين الزيجة . YY ,Yy ,yy

أي ان القدرة على صنع الكلوروفيل محكوم جينيا في نبات حلق السبع حيث يعد الاليل المتنحي مسؤل عن قدرة النبات على أنتاج الكلوروفيل اما صورة ألجين السائد فتكون مسؤل عن عدم قدرة النبات على أنتاج الكلوروفيل.

٢) صفة الزحف في الطيور

صفة الزحف في الدجاج فيه قصر وتشوه بالأجنحة

Cc زاحف × Cc زاحف P

تموت 1cc : 2 Cc زاحف : 1CC طبيعي

٣) وراثة ظاهرة Bulldog في الماشية

وجدت ظاهرة عند تزاوج بين ماشية ابوان Aa Dexter ، حيث أن AA Kerry عن :

Aa Dexter × Aa Dexter

AA Kerry AA : Dexter 2Aa : ميت aa Bulldog

٤) انيميا الخلايا المنجلية Sickle-cell anemia

مرض وراثي يحدث نتيجة تغير في عمل الهيموجلوبين. تحت ظروف نقص ضغط الأوكسجين ، يتغير شكل خلايا الدم الحمراء من قرصي إلى منجلي. فلا تستطيع حمل الاكسجين فى التنفس مما يسبب الموت للمريض ، وهي مثال للجينات المميته / وايضا للسياده غير التامه

لا تورث الصفات المميتة مثل أنيميا الخلايا المنجلية إلا من خلال الأفراد الهجينة.؟

لأن الجين المميت لا يظهر أثره إلا إذا كان في صورة نقية. والأفراد النقية في هذه الحالة تموت قبل البلوغ فلن تتزاوج وبالتالي لا تورث جيناتها المميتة. بينما الأفراد الهجينة مثل (Ss) فهي تعيش وتتزاوج ولا تتأثر بوجود الجين المفرد المميت ويمكن أن تنقله لنسلها. الفرد الهجين (Ss) له تركيب جيني واحد و به طرز مظهري واحد فى الظروف العادية وطرزين مظهريان فى نقص الأكسيجين أو بذل مجهود شاق طرزان مظهريان

- لا يمكن اجراء التلقيح اختبارى فى الجينات المميته ؟ لان الافراد ذات التركيب الجينى النقى تموت
- انيميا الخلايا المنجليه تعتبر مثال للسياده الغير التامه ؟لان الطرز الجينى الهجين يظهر سليم فى الاحوال الطبيعيه اما عند نقص الاكسجين او بذل مجهود كبير يظهر عليه علامات المرض

حالات وراثية تمثل بزوج من الجينات	نسبة الجيل الناتج	عدد الطرز المظهرية	اسم الحالة الوراثية
عند تلقيح فردين هجين فإذا كان	**٣ : ١**	**طرزان**	**سيادة تامة**
	١ : ٢ : ١	**ثلاثة طرز مظهرية**	**انعدام سيادة**
	فقد ربع النسل	**طرز مظهرى واحد**	**سيادة غير تامة جينات مميته**
	١ :١ : ١ : ١	**اربع طرز مظهرية**	**تعدد بدائل**
	عامل ريسس		
	عمى الالوان		**صفات مرتبطة بالجنس**
	هيموفيليا		
	لون عيون الدروسوفيلا		
	الصلع		**صفات متأثرة بالجنس**

القانون الثانى لمندل (قانون التوزيع الحر للعوامل الوراثية) :
Principle Of Independent Assortment "والذي ينص على إن عاملي كل صفة ينفصلان عن بعضهما، ويتوزعان في الأمشاج بصورة مستقلة عن عاملي الصفة الأخرى "

اذا تزاوج فردان مختلفان فى زوجين اواكثر من الصفات المتبادلة فتورث صفتا كل زوج منهما مستقلة وتظهر فى الجيل الثانى بنسبة ٣ : ١ لكل صفة . (وبنسبة ٩ : ٣ : ٣ :١ للصفتين معا)

هجن مندل نباتات بزاليا نقية **ذات بذور مستديرة صفراء** مع نباتات **ذات بذور مجعدة خضراء** حيث تكونت أبناء الجيل الأول هجناً متباين الزيجة، ثم تركت نباتات الجيل الاول للتضريب الذاتي يطلق على هذا التضريب بين إباء مختلفين بزوجين من الاليلات تضريب ثنائي الهجين Dihybridcross إن الطراز الوراثي لهجين الجيل الأول هو Ww Gg وحسب مبدءا الانعزال المستقل يكون انعزال العامل W مع العامل G إلى مشيج أو يكون مع العامل g وكذلك فان الاليل المتنحيw قد ينعزل مع G ويدخل إلى مشيج أو مع g ويدخل إلى مشيج أخر (مبدءا التوزيع الحر) ، وبذلك تتكون (٤) أنواع من الأمشاج الذكرية و(٤) أنواع من الأمشاج الأنثوية ينتج عنها (١٦) احتمال ولتسهيل الحصول على هذه الاحتمالات نستخدم مربع punnet sepuare حيث يساعد في تصور جميع الاحتمالات في الاتحادات المشيجيه ويمكن الاستعاضة عنه بطريقه التشعب(Branching method of genetics problems)

الآباء (P_1) : بذور مستديرة وصفراء × بذور مجعدة وخضراء

wwgg WWGG

wg WG

جيل F_1 : WwGg
مستديرة وصفراء
$F_1 \times F_1$
WwGg × WwGg
(إخصاب ذاتي)

♂ \ ♀	WG	wg	wG	wg
WG	WWGG مستديرة وصفراء	WWGg مستديرة وصفراء	WwGG مستديرة وصفراء	WwGg مستديرة وصفراء
Wg	WWGg مستديرة وصفراء	WWgg مستديرة وخضراء	WwGg مستديرة وصفراء	Wwgg مستديرة وصفراء
wG	WwGG مستديرة وصفراء	WwGg مستديرة وصفراء	wwGG مجعدة وصفراء	wwGg مجعدة وصفراء
wg	WwGg مستديرة وصفراء	Wwgg مستديرة وخضراء	wwGg مجعدة وصفراء	Wwgg مجعدة وخضراء

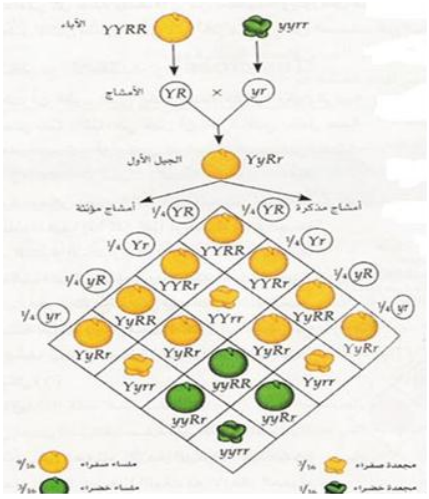
جيل F_2 :
٩ : ٣ : ٣ : ١
٩ مستديرة وصفراء
٣ مستديرة وصفراء
٣ مجعدة وصفراء
١ مجعدة وخضراء

تضريب مندلي ثنائي الهجين بين نباتات البزاليا ذات البذور مستديرة صفراء مع مجعدة خضراء

لايجاد النسبة الوراثية والمظهرية للنسل: ١- مربع باينت ٢- التشعب

مثال:- ضرب مندل نباتي بزاليا احدهما بذوره ملساء ذات لون اصفر مع أخر مجعد لبذور وبلون اخضر فكانت إفراد الجيل الناتج من التضريب كلها ملساء البذور ذات لون اصفر ثم تركت إفراد الجيل الأول للتلقيح الذاتي حدد الطرز الوراثية للابوين ونسبة الطرز المظهرية والوراثية إلى إفراد الجيل الثاني

١- مربع باينت punnet sepuare : رسم هندسي يشبه رقعة الشطرنج توضع من أعلاه الامشاج (الكميتات) الانثوية وتوضع على يسار المربع عموديا الى اسفل الامشاج الذكرية او العكس ويستخدم لبيان نتائج التهجين واتحاد الامشاج معا



♀ \ ♂	YR	Yr	yR	Yr
YR	YYRR	YY Rr	YyRR	YyRr
Yr	YYRr	YYrr	YyRr	Yyrr
yR	YyRR	YyRr	yyRR	yy Rr
yr	YyRr	Yyrr	yyRr	Yyrr

٢- بطريقه التشعب(Branching method of genetics problems)

					النسبة المظهرية	
					1	أخضر مجعد
					3	أخضر ملساء
					3	أصفر مجعد
					9	أصفر ملساء
أي						
1:YY	1:RR	→ 1YYRR	ملساء،أصفر	1		
	2:Rr	→ 2YYRr	ملساء،أصفر	2		
	1:rr	→ 1YYrr	مجعد،أصفر	1		
2:Yy	1:RR	→ 2YyRR	ملساء،أصفر	2		
	2:Rr	→ 4YyRr	ملساء،أصفر	4		
	1:rr	→ 2Yyrr	مجعد،أصفر	2		
1:yy	1:RR	→ 1yyRR	مجعد،أخضر	1		
	2:Rr	→ 2yyRr	مجعد،أخضر	2		
	1:rr	→ 2yyrr	مجعد،أخضر	1		

قانون مندل	نسبة التركيب المظهرية	نسبة التركيب الوراثي
الاول (لكل صفة)	3:1	1:2:1
الثاني (للصفتين معا)	9:3:3:1	1:2:1:2:4:2:1:2:1

ما الصفات التي ظهرت في أفراد الجيل الأول؟ هل هي صفات سائدة أم متنحية؟ وبعد تلقيح أفراد الجيل الأول ، كم نوعاً من الأمشاج ينتج عن أفراد الجيل الأول ؟ وما احتمال تكوّن كل نوع منها ؟ ما نسبة البذور الخضراء إلى الصفراء ؟ وما نسبة البذور الملساء إلى المجعدة ؟

النسبة هي نفسها التي حصل عليها مندل على زوج واحد من الصفات أي نسبة 3:1 يعني أن توارث لون البذور لا يرتبط بتوارث شكلها، أي أن كل صفتين متضادتين (صفراء وخضراء)، يتم توارثهما بشكل مستقل عن الصفتين الآخرين (ملساء ومجعدة). واستنتج مندل من النتائج قانون التوزيع الحر

حساب أعداد الكميتات لعدد n من العوامل الوراثية

أزواج العوامل	أنواع الكميتات	عدد الطرز الوراثية	عدد الفئات المظهرية
N	2^n	3^n	2^n
1	2	3	2
2	4	9	4
3	8	27	8
4	16	81	16

التفوق Epistasis :- (تحورات النسب المندلية)

يشبه التفوق تماماً حالة السيادة التامة ، غير أن التفوق يكون بين جينات غير أليلية ويظهر التفوق تأثيرها بتحوير النسب المندلية للأشكال المظهرية المتحصل عليها في الجيل الثاني ، ويحدث التفوق في جميع أطوار التكوين **فالجين المميت يكون بطبيعة الحال متفوقاً على الجين غير المميت** ، والجين الذي يزيل أي عضو يكون بالمثل متفوقاً على الجين المحور لهذا العضو .
ويظهر التفوق تأثيرها بطرازين على نسبة الجيل الثاني تبع إذا كان التفوق سائداً أو متنحياً وتبعاً للعلاقة التفاعلية بين الجينات غير الأليلية إذا كانت متبادلة أو غير متبادلة .

١- **التفوق السائد** (١٢ : ٣ : ١) **Dominant Epistasis**

تحدث هذه الظاهرة عندما يعطي الأليل السائد لجين معين (A) نمطه الظاهري الخاص مخفياً بذلك النمط الظاهري للجين الآخر (B) وبحالاته الأليلية المختلفة ، لذلك نقول إن الجين (A) يملك تفوقاً على الجين (B) ولا تستطيع الأليلات التحت تفوقية (Hypostatic) من التعبير عن نفسها إلا عندما يكون الموقع المتفوق (A) محتلاً من قبل الأليل المتنحي المتماثل الزيجة (aa) ، وهكذا فإن النمطين الوراثيين A-B- و A-bb تنتج نفس الأنماط الظاهرية ، بينما الأنماط الوراثية aa B- و aabb تنتج نمطين ظاهريين مختلفين نتيجة لذلك فإن النسبة الكلاسيكية ٩ : ٣ : ٣ : ١ تتحور وتصبح ١٢ : ٣ : ١ .

مثال : يوجد في القرع الصيفي Summer Squash ثلاثة أصناف من الثمار من حيث خاصية اللون هي ثمار بيضاء (WW YY)(W- yy) وصفراء (ww Y-) وخضراء(ww yy)

- ✓ وقد وجد منح التلقيحات بين نباتات بيضاء الثمار وأخرى صفراء وبين بيضاء وأخرى خضراء أن صفة الثمار البيضاء دائماً هي الصفة السائدة.
- ✓ وكذلك وجد من التلقيحات بين نباتات صفراء الثمار وأخرى خضراء أن صفة الثمار الصفراء هي الصفة السائدة ، فنجد من ذلك أن **الثمار الصفراء متنحية أمام البيضاء وسائدة على اللون الأخضر.**

وقد دلت التحليلات الوراثية على وجود جين سائد W متفوق على اللونين الأصفر والأخضر ، وطالماً أن هذا الجين موجوداً في التركيب الوراثي للفرد فإنه يمنع تكوين أي لون في الثمرة، ماذا كان متنحياً أصيلاً أي (ww) يظهر اللون الأصفر في وجود الجين السائد y ويظهر اللون الأخضر في وجود ألية المتنحي y في حالة متماثلة ، وتبعاً لذلك يكون التركيب الجيني للثمار الصفراء هو (wwY-) وللثمار الخضراء هو (ww yy) .

فعندما أجري تلقيح بين

ثمار صفراء (ww yy)	×	(WW YY) وأخرى بيضاء	
بيضاء اللون (Ww Yy)		F1	
٩ **W-Y- بيضاء .**		F2 ثلاث مجاميع مظهرية	
٣ **W- yy بيضاء .**			
٣ ww Y- صفراء .			
١ ww yy خضراء.			

تكون النتائج المتحصل عليها هي نسبة ١٢ بيضاء : ٣ صفراء : ١ أخضر .

٢- التفوق المتنحي (٩ : ٣ : ٤) Recessive Epistasis

في هذه الحالة نلاحظ ان الجين المتنحي (homozygous) يمنع الاليل السائد من اظهار تأثيره.

مثال ١ : أجرى تلقيح بين سلالتين من البصل حمراء وبيضاء فكان الجيل الأول أحمر، و الجيل الثاني به ثلاثة مجاميع مظهرية بنسبة ٩ حمراء : ٣ صفراء : ٤ بيضاء ، وقد فسرت هذه النتائج على أساس أن الجين C يسبب تكوين الصبغة بينما ألية المتنحي c لا يكون الصفة .

بيضاء (cc rr) × (CC RR) وأخرى حمراء أصيلة			
	أحمر اللون (Cc Rr)		F1
٩	C - R -	أحمر .	F2 ثلاث مجاميع مظهرية
٣	C - rr	أصفر .	
٣	cc R-	أبيض .	
١	cc rr	أبيض.	

- ✓ أي تكون النتائج المتحصل عليها هي بنسبة ٩ أحمر : ٣ أصفر ٤ أبيض
- ✓ فنجد من ذلك إن كلا من الجينين " "R، r"" لا يمكنها يكون اللون إلا في حالة وجود الجين السائد C الخاص بتكوين الصفة إما إذا وجد الجين المتنحي c في حالة أصيلة فيكون تأثير الجين المكون للون متقدماً كما في التركيب cc Rr أو التركيب cc rr.

مثال ٢ : لون الفراء في القوارض : (إرتداء اللون الأجوتي في الفيران ٩ : ٣ : ٤)

البينو (aa cc) × (AA CC) أجوتي			
	أجوتي (AaCc♀)		F1
٩	A -C-	أجوتي.	F2 ثلاث مجاميع مظهرية
٣	aa C -	أسود.	
٣	A-cc	البينو.	
١	aa cc	البينو.	

وتبعاً لذلك تكون النتيجة هي ٩ أجوتي : ٣ أسود : ٤ أبيض .

- ✓ من ذلك التحليل – وجود تركيبين وراثيين أصليين مختلفيين للون الألبينو وهما cc AA و aa cc وقد يطلق عليهما ألبنيو أجوتي وألبينو اسود على الترتيب ، ولا تميزعن بعضهما إلا باستخدام طرق أختيارية مناسبة .
- ✓ نجد من المثالين السابقين أن الجين المتنحي (في حالة أصيلة) من أحد زوجي الجينات تفوق على الزوج الأخر من الجينات .
- ✓ وأفضل تفسير لهذه النتائج الأفتراض القائل بأن الموقع (c) يمثل الجين التركيبي (Structural gene) للـ (Tyrosine oxidase) وهو الإنزيم الذي يعمل مبكراً في مسار البناء الحيوي للميلانين وبالنسبة للجين (a) فنفترض أشتراكه بوضع صبغة الميلانين في الشعرة ، فعند تواجد الجين (a) لوحدة فإن صبغة الميلانين سوف تنتشر في كل الشعرة ، وعند تواجد الأليل البري لهذا الجين فإنه سوف ينظم إنتشار الصبغة (الأصباغ) منتجاً التصبيغ (التلوين) الخاص بالشعرة الأجوتية .

٣- التفوق السائد المتماثل التأثير أو الجينات المتضاعفة أو المكررة : (١٥ : ١)

Duplicate , Domminant duplicate epistasis

في هذه الحالة تتحور النسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١ إلى ١٥ : ١ . وهي مثال على حالة التفوق السائد للجينات(dominant duplicated epistasis)، حيث اليل سائد واحد فقط لاحد زوجين الاليلات يتسبب بظهور الصفة السائدة، اما الصفة المتنحية فيجب ان تكون جميع الايلات بصورتها المتنحية كما في حالة بذور النباتات المغلفة بكيس اما مثلث او بيضوي.

الطراز الوراثي للكيس البيضوي t1t1t2t2 16\1

مثال : صفة شكل الكبسولة نبات كيس الراعي عند تلقيح سلالة ذات كبسولة مثلثة مع بيضوية .

كبسولة بيضوية ($t_1t_1t_2t_2$) × ($T_1T_1T_2T_2$) كبسولة مثلثة			
	كبسولة مثلثة ($T_1\ t_1\ T_2\ t_2$ ♀)		F1
٩	T_1-T_2-	كبسولة بيضوية	F2 مجموعتين مظهرية
٣	$t_1t_1T_2$ -	كبسولة بيضوية	
٣	T_1-t_2t_2	كبسولة بيضوية	
١	$t_1t_1t_2t_2$	كبسولة مثلثة	

ظهرت أفراد الجيل الأول كلها مثلثة الكبسولة والجيل الثاني نباتات بيضاوية الكبسولة ومثلثة الكبسولة بنسبة ١ : ١٥ مما يدل على وجود زوجين من العوامل يتحكم في توارث هذه

٤- التفوق المتنحي متماثل التأثير (الجينات التكاملية) ٩: ٧

Recessive duplicate epistasis (Complementary genes)

تعرف هذه الحالة من التفوق باسم الجينات المكملة Complementary genes فلكي تظهر الصفة لابد أن يحتوي الفرد في تركيبه الجيني على جين واحد على الأقل سائد على كل الجينات غير الأليلية ، أي عندما يعطي كل من النمطين الوراثيين المتنحين للموقعين الجينيين أنماطاً ظاهرية متشابهة فالنسبة في F_2 تصبح ٩ : ٧ ، حيث أن الأنماط الظاهرية للأنماط الوراثية aa B- و A- bb و aa bb تنتج نمطاً ظاهرياً واحداً ، وعندما يتواجد الأليلان السائدان معاً سوف يكمل أحدهما الآخر ويعطيان نمطاً مظهرياً مختلفاً .

مثال : وراثة لون الأزهار في *Lathyrus odoratus*

يتقرر لون أزهار هذا النبات بجينين وهما C و P حيث يشتركان معاً في إنتاج الأنثوسيانين (Anthocyanin) والنواتج الجينية لهذين الجينين مكملة لبعضهما ونعني بذلك إن اللون القرمزي للأزهار سوف ينتج عند وجود النواتج الجينية لكل من C و P معاً وعند غياب أحدهما أو كلاهما (عند تواجد الأليلات المتنحية لأي منهما أ لكليهما) ينتج اللون الأبيض ، وعند تهجين نباتين بيض الأزهار (CC pp X cc PP) فإن أزهار F1 تكون قرمزية اللون (Cc Pp) وفي F2 تتوزع الأزهار على اللوزتين القرمزي والأبيض بنسبة ٩ : ٧ .

أبيض (CC pp) ×		أبيض (cc PP)
F1	قرمزي (Cc Pp)	
F2 مجموعتين مظهرية	قرمزية الأزهار C-P-	٩
	بيضاء الأزهار C-pp	٣
	بيضاء الأزهار cc P-	٣
	بيضاء الأزهار ccpp	١

وتبين مختبرياً بأن مستخلص الأزهار الأبوية لكل من CC pp و cc PP يكون عديم اللون ولكن ينتج اللون القرمزي إذا ما خلط هذين المستخلصين .

وفسر هذا التفاعل على أساس كيمائي ، بفرض أن الجين C قد ينتج جينات صبغية ملونة وهذه تتحول إلى اللون القرمزي بواسطة الأنزيم الذي ينتجه الجين P وتبعاً لذلك فإن النباتات ذات التركيب الجيني Cp سيكون بيضاء الأزهار لغياب الأبريم اللازم لتمويل الحبيبات الصبغية عديمة اللون إلى اللون القرمزي، ومن ناحية أخرى سيكون النباتات ذات التركيب الجيني cP أو cp ذات أزهار بيضاء لغياب الجينات الصبغية.

٥- الجينات المتضاعفة ذات التأثير التراكمي (٩: ٦ : ١)

Duplicate Genes with Cumulative Effect

تتحور النسبة الكلاسيكية (٩ : ٣ : ٣ : ١) في F_2 وتصبح ٩: ٦ : ١ ومعنى هذا التحور وجود جينان مستقلان عن بعضهما وكل منهما سائد وتأثيرهما مماثل على الشكل المظهري phenotype و لكن في حالة وجود الاليل السائد من كل زوج من هذين الجينين معا في نفس الفرد فان التفاعل بينهمايؤدي الى ظهور صفة جديدة غير متوقعة.

إذا كانت أي من الموضعين في النمط الوراثي (A-bb , aaB-) في النمط الوراثي تعطي نفس الطرز المظهرية وإذا كان حضور الاليل السائد للموقعين الجينيين (A,B) في نمط وراثي واحد فانه يعطي تأثير تراكمي للنواتج الجينية (AABB,AaBb)

(A-bb , aaB-) كروي spherical (A-B-) قرصي Discoid (aabb) متطاول elongated

مثـــــال:-عند تضريب نبات القرع الصيفي كروي الثمار أحداهما يحمل التركيب الوراثي (AAbb) والأخر يحمل التركيب الوراثي(aaBB) تنتج عن التضريب مجموعة كبيرة من النباتات قرصية الثمار حدد الطرز الوراثية ونسبة الطرز المظهرية لنبتات الجيل الثاني.

♂ / ♀	AB	Ab	aB	a b
AB	AABB	AA Bb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	Aa Bb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

مع كتابة هذا الجدول في حل السؤل ليمثل نسبة الطرز الوراثية

AABB 1/16 AABb 2/16 Aabb 1/16
AaBB 2/16 AaBb 4/16 Aabb 2/16
aaBB 1/16 aaBb 2/16 aabb 1/16

9 : 6 : 1

Discoide spherical elongated
قرصي كروي متطاول

أي

كروي (AAbb) × كروي (aaBB)		
F1	قرصي (AaBb)	
F2 مجموعتين مظهرية	A-B- قرصي A-bb كروي aaB- كروي aabb متطاول	٩ ٣ ٣ ١

مثال٢\\لوحظ في احد سلالات الخنازيران اللون الاحمر سائد على اللون الرملي وكانت نسبة الجيل الاول ٣حمراء:١رملي مما يدل على ان زوج واحد من الجينات يتحكم بظهور صفة اللون. ولكن لوحظ انه عندما ضرب رملي مع رملي كان افراد الجيل الاول احمر عكس ما هو متوقع، و عندما حصل على الجيل الثاني من الجيل الاول نتج عن:
٩ حمراء، ٦ رملي، ١ بيضاء.

٦- تداخل السائد والمتنحي Dominant & Recessive Interaction

عند ما يعطى النمط الوراثي السائد لأحد الموقعين و الاليل المتنحي متماثل الزيجة للموقع الأخر نفس النمط المظهري فان النسبة الكلاسيكية للطرز المظهري الإفراد الجيل الثاني سوف تتحور من (9:3:3:1) إلى (13:3)

مـــلـــون ١٣:٣ابـيـض
AABB ابيض AA Bb ابيض AaBB ابيض Aa Bb ابيض
AABb ابيض Aabb ابيض Aa Bb ابيض Aabb ابيض
AaBB ابيض AaBb ابيض aaBB ملون aaBb ملون
AaBb ابيض Aabb ابيض aaBb ملون aabb ابيض

مثال :-في الدجاج الموقع A لايمكنه أنتاج ريش ملون في حال أذا كان الموقع مستقل باليل سائد كذلك الحال بالنسبة للموقع B أذا كان باليل متنحي b متماثل الزيجة يتحكم بلون ريش الدجاج موقعين جينيين الموقع A و B ففي حال كون الموقع A مشغولآ باليل سائد في حال متماثل الزيجة او متباين الزيجة وكذلك الموقع B أذاكان مشغولا بالاليل المتنحي في حال متماثل الزيجة لاتنتج ريش ملون

بليموثوك أبيض (aabb) × لكهورن أبيض (AABB)		
F1	أبيض (AaBb)	
F2 مجموعتين مظهرية	A-B- أبيض A-bb أبيض aaB- ملون aabb أبيض	٩ ٣ ٣ ١

س/عند اجراء تزاوج بين ديك ذو ريش ابيض يملك الطراز الوراثي AABB مع دجاجة بيضاء تملك الطراز الوراثي aabb حدد لون الريش للطيور الناتجة من التزاوج مفسرا النتائج ؟

الاليلات المتعددة Multiple Allele

إن أقصى حد لاليلات الموقع جيني في الكائن الحي هو اثنان واحد على كل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة Homologous chromosomes وبما أن تغير ألجين الى إشكال بديلة أخرىalternative form يتم عن طريق الطفرات فمن الممكن نظريا حدوث طفرات متعددة في ألجين وتسمى هذه الطفرات المتعددة في ألجين الواحد بالاليلات المتعددة إذا سببت تغيرا في لنمط الظاهري للكائن الحي

" حاله وراثيه يحكم وراثة الصفة فيها اكثر من زوج من الاليلات ولا يتعدى نصيب الفرد زوجا واحدا من تلك الاليلات تحتل نفس الموقع على الكروموسوم الخاص به فى خلايا الافراد المختلفة".

توضح لدينا فيما سبق إن للجين تأثيراً واضحاً ومحدداً على صفة معينة وقد يكون للجين أكثر من تأثير على صفات الكائن . وأكتشفت حالات عديدة توضح التأثير المتعدد ، مثل:

١- لون الفراء في الارانب يتحكم به ٦ اليلات .
٢- لون العيون في ذبابة الفاكهة يتحكم بها ١٤ اليل .
٣- عدم التوافق الذاتي في النبات ، يتحكم به ٥٠ اليل.
٤- مجاميع الدم في الانسان ، يتحكم بها ٣ اليلات .

المميزات العامة للاليلات المتعددة

١- تؤثر الاليلات المتعددة عادة على صفة وراثية محددة مسببة درجات متفاوتة من التعبير.
٢- لابد من وجود اليلان على الاقل للتعرف على وجود جين معين بحيث يكون لكل منهما تأثير معين.
٣- يحمل الكائن الحي ثنائي المجموعة الكروموسومية اليلين ، وتحمل الامشاج اليل واحد.
٤- تخضع الاليلات المتعددة لنفس قوانين الاتتقال الوراثي على الرغم من تباين علامات السيادة والتنحي.
٥- الاليل البري دائما سائد على الاليلات الاخرى في السلسة.
٦- وجود ظاهرة الجين المتعدد للجين الواحد يمكن اكتشافه باستخدام التلقيحات الوراثية بين افراد العشيرة.
٧- مصدر الاليلات المتعددة طفرة .

امثلة على الاليلات المتعددة

١- **لون الفراء في الارانب** يتحكم به ٦ اليلات

الاجوتي C^+C^+ ، C^+c^{ch} ، C^+c ، C^+c^h سائد على الجميع . حلقات ملونة من الرمادي والاصفر والأسود والشنشيلا c^hc ، $c^{ch}c^h$،$c^{ch}c^{ch}$ سائد على الهملايا والالبينو . متماثل الزيجة فضي ، متباين الزيجة رمادي فاتح ، الهيمالايا c^hc ، $c^{ch}c^h$ ، $c^{ch}c^{ch}$ سائد على الالبينو. اسود النهايات الاذان والراس والذيل والاقدام. الامهق البينوcc ،متنحي أمام الجميع . لون ابيض نمثل السيادة بين هذه الأليلات كما يلي : $C > c^{ch} > c^h > c$.

النمط الظاهري	الفراء البري الرمادي	الشنشلا	الرمادي الفاتح	الهيمالايان	الأمهق
النمط الوراثي	CC , Cc^{ch} , Cc^h , Cc	$c^{ch}c^{ch}$	$c^{ch}c^h , c^{ch}c$	c^hc^h , c^hc	cc

٢- **لون العيون في ذبابة الفاكهة مثال للاليلات المتعددة يتحكم بها ١٤ اليل**

ودرجة السيادة بالترتيب ، النوع البري وشفرته الأليل (w^+) إلى اللون القرنفلي (w^{co}) والأحمر القاني (w^{bl}) والوردي (w^e) والأحمر الفاتح (w^{ch}) والمشمشي (w^a) والعسلي (w^h) والأصفر البرتقالي (w^{bf}) والبرتقالي الفاتح (w^t) واللؤلؤي (w^p) والعاجي (w^i) والأبيض (w) . ، حيث أن الاليل البري W^+ ذو سيادة كاملة على جميع الاليلات أما الاليل w فهو أليل متنحي أمام الاليلات (صفة مرتبطة بالجنس)

$$w^+ > w^{co} > w^{al} > w^e > w^{ch} > w^a > w^h > w^{bf} > w^t > w^p > w^i > w$$

٣- أليلات العقم الذاتي في النباتات Self Sterility Alleles

توجد الأليلات المتعددة لظاهرة العقم الذاتي في عدد من النباتات مثل الاينوثيرا المغربية (Evening primroses) والتبغ (Tobacco) والبرسيم (Clovre) والكرز (Cherries) وتعرف هذه الأليلات بالسلسلة S1 ، S2 ، S3 . . . . إلخ .

ومثال ذلك حبة لقاح التبغ الأحادية المجموعة الكروموسومية الحاملة لأليل العقم الذاتي (S1) التي لا تستطيع النمو جيداً على القلم الثنائي المجموعة الكروموسومية (Diploid female style) ذا النمط الوراثي S1S2 حيث إنها حاملة لنفس الأليل S1 ، ولكن تستطيع حبة اللقاح هذه النمو بنجاح على القلم الثنائي للمجموعة الكروموسومية ذا النمط الوراثي S2 S3 أو S3 S4 . . . إلخ . ومن هذا نستنتج إن الإخصاب الناجح في عدد من الحالات في النبات أعلاه إنما يدل على وجود أليل في حبة اللقاح الذي يختلف عن كل من الأليلين الحاضرين في القلم الثنائي للمجموعة الكروموسومية .

٤- تعتبر فصائل الدم مثال للاليلات المتعددة والسياده التامه والسيادة المشاركة وانعدام السيادة

١. الاليلات المتعددة : حيث يتحكم فيها ٣ بدائل هم / A / B / O(بدائل =اليلات)
٢. سياده تامه : حيث يسود البديلين A و B على البديل O المتنحى
٣. سيادة مشاركة : تنتج مجاميع الدم MN في الانسان حيث إن التركيب الوراثي MN ينتج كلا النوعين من الاجسام المضادة M وN ولا ينتج حالة وسطية ، فتزاوج اب يحمل دم A من B أحيانا ينتج أطفال يحملون AB.
٤. انعدام سياده : لان كل من البديلين A و B لايسود اى منهما على الاخر .

النمط الوراثي	($I^A I^A$) نقي او ($I^A i$)هجين	($I^B I^B$) نقي أو ($I^B i$) هجين	($I^A I^B$) هجين	ii
النمط المظهري	A	B	AB	O

ماهي التكوينات الجينية عند تحليل الدم للإنسان؟ عند تتبع وراثة مجاميع الدم لقوانين مندل ، يرث الإنسان عن أبوية مجموعة الدم انتجين (A) يحدده جين (IA) سائد ، انتجين (B) يحدده جين (IB) سائد ، وجين متنح لا يسبب وجودة انتجين ورمزه (i) و الصفة الوراثية تمثل بزوج من الجينات.

مجاميع الدم: قسم الدم إلي ٤ مجاميع اعتماداً على الأنتجينات الموجودة في كرات الدم الحمراء كالتالي:

الفصيلة	الطرز الجينى	المادة المولدة على سطح كرات الدم	المادة المضادة في بلازما الدم	تعطى فصيلة	ينقل إليه دم من مجموعة
A	AA , AO	A	الأجسام المضادة للأنتجين B	A , AB	O, A
B	BB , BO	B	الأجسام المضادة للأنتجين A	B , AB	O, B
AB	AB	A , B	لا توجد	AB	O, AB, B, A
O	OO	لا توجد	توجد أجسام مضادة للأنتجين A B	معطى عام	O

فصيله الدم O معطى عام ؟ لانه يمكن نقل دم منها الى اى فصيله اخرى لعدم احتوائها على مواد مولده لـ A او B

فصيله الدم AB مستقبل عام ؟ يمكنها استقبال دم من الفصائل الاخرى لعدم احتوائها على مواد مضاده لـ A او B

عامل ريسس Rh (تم اكتشافها فى دم نوع من القرده يسمى ريسس) مواد مولده بكريات الدم الحمراء خلاف المواد المولده لفصائل الدم توجد فى دماء ٨٥% من البشر فيعرفون (موجب عامل ريسس +Rh) والنسبة الباقية خالية من ذلك العامل (سالبة عامل ريسس -Rh) ويتحكم فيها ٣ ازواج من الجينات لكنها متقاربه فى موضعها وتاثيرها على الكروموسوم

ويكون الفرد موجب ريسس عند وجود زوج واحد فقط منهم بصوره سائده

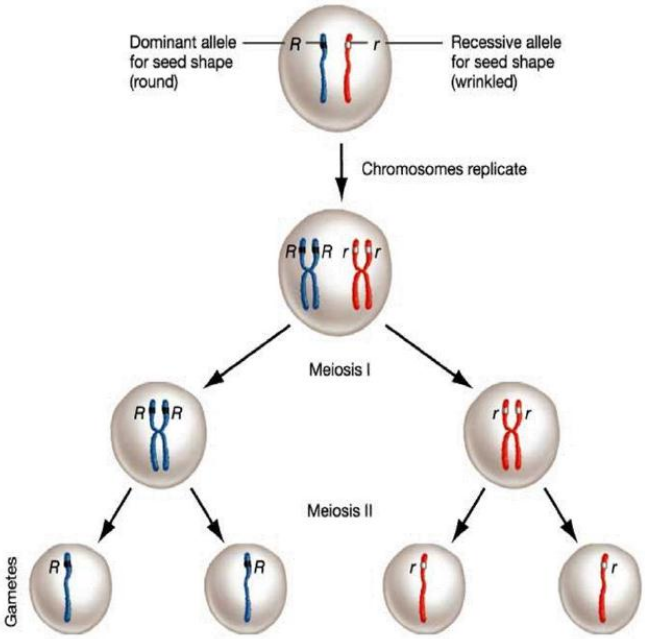
ويكون الفرد سالب ريسس عند وجود جميع جيناته بصورة متنحية

عند تزوج رجل Rh موجب بامرأه Rh سالب : يعيش الطفل الاول ؟ لان الأجسام المضادة المتكون فى الأم وتنتقل للجنين تكون نسبتها ضعيفه يموت الطفل الثانى ؟ لان الاجسام المضادة المتكونه فى دم الام تكون نسبتها عاليه وتنتقل للجنين فتعمل على تحلل كريات دمه واصابته بانيما حادة ويموت

الصفات المرتبطه بالجنس :تحمل على الكروموسوم الجنسى X

أ- و فى الانسان (عمى الالوان والهيموفليا)

١- **عمى الالوان** :مرض وراثى وهو عدم القدرة على التمييز بين **(اللون الاخضر والاحمر)**
المسؤل عنها جين متنحي يقع على كروموسوم X ونادره الحدوث فى الاناث
الاب لا يورث عمى الالوان لابنائه الذكور ؟**هي** جينات مرتبطه بالجنس وتحمل على كروموسوم x اما الكروموسوم y لا يحمل جينات / والكروموسوم x يورث الصفه للإناث.
الاليل المتنحي يؤدي للإصابة بالمرض والاليل السائديؤدي للسلامة وكلاهما يقعا على كروموسوم جنسي x



سؤال/ تزوجت إمراة إبصارها عادي كان ابوها مصاباً بعمى الألوان برجل إبصاره عادي . ماهي نسب الأشكال المظهرية والتراكيب الوراثية المتوقعة في النسل الناتج ؟ بما أن المرأة كان أبوها مصاب فهي أذن حاملة للمرض لأنها ورثت الكروموسومX من الأب= X

تركيب الزوجة X+ X- = تركيب الزوج X + Y

P X+X- × Y X+

G X+ X- Y X+

F١ X+X+ , X+X- , X+Y ,X-Y

متال اخر :

صفة أخرى مرتبطة بالجنس في الإنسان هي مرض الهيموفيليا أوسيولة الدم النزف الوراثي(Hemophilia)والمقتصر كليا على الرجال والناتج من جين :متنحي مرتبط بالجنس ايضا.

٢- **سيولة الدم (الهيموفيليا):**

الإليل المتنحيh يؤدي للإصابة بالمرض

الإليل السائد + يؤدي للسلامة من المرض X وكلا الإليلان يحملان على الكروموسوم الجنسي X

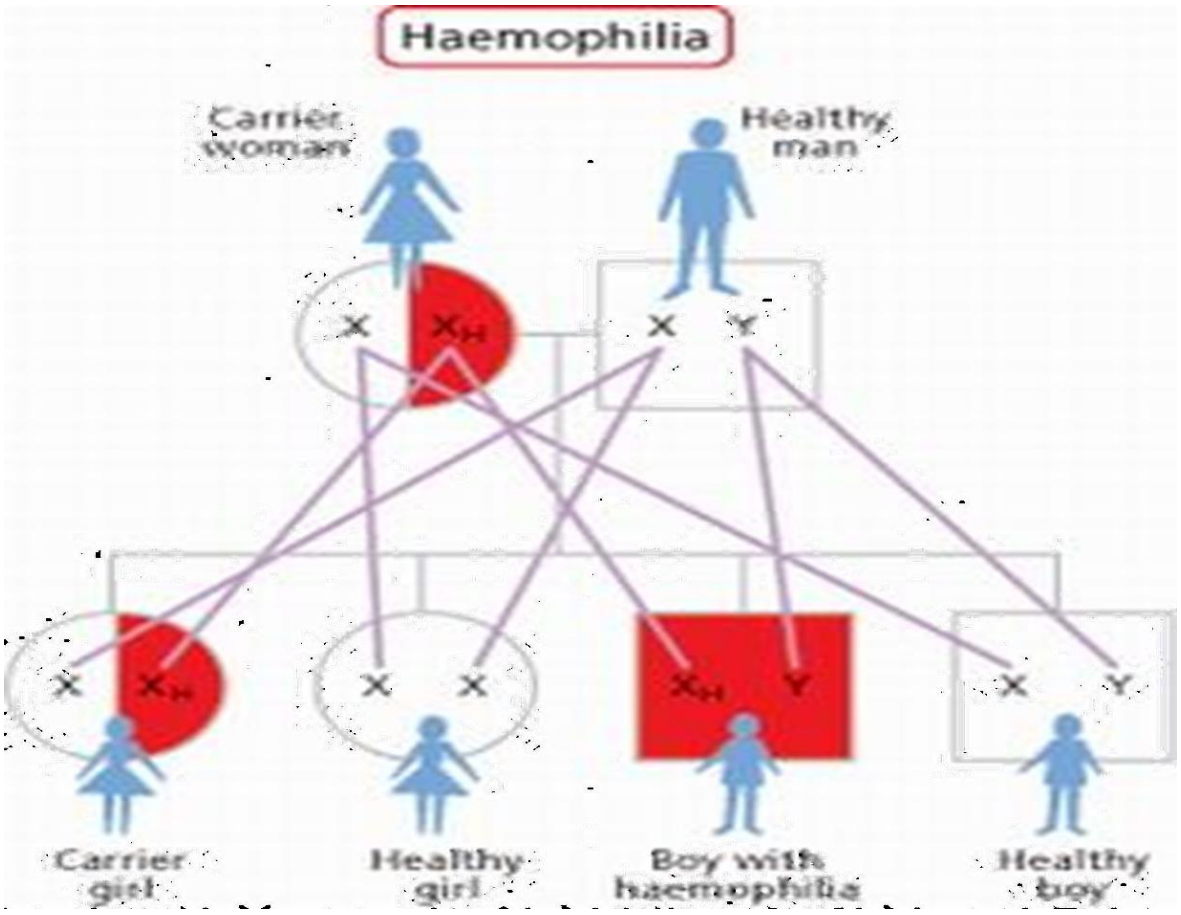
الأنثى ممكن تكون مصابة Xh Xh او (حاملة للمرض)خليطة +Xh X

او سليمة +X +X والذكراما يكون سليم +X Y او مصابXh Y

مثال: رجل تجلط دمه عادي كان أبوه مصاباً بالهيمو فيليا (مرض سيولة الدم) تزوج امرأة والدها مصاب بهذا المرض. ماهي فرصة ظهور الهيمو فيليا في أبنائها ؟ التركيب الوراثي للأم +X Xh والتركيب الوراثي للاب +X+Y.

+X+Y , XhY,+X+X , +X+Xh , XhXh

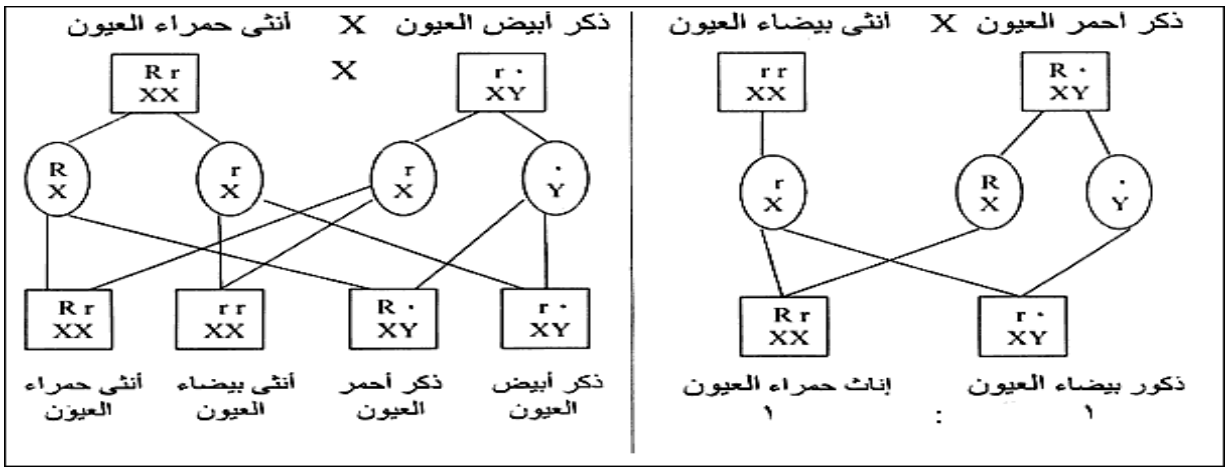
فاذا تم التزاوج بين ذكر سليم وانثى حاملة .فما هي التراكيب الناتجة من ذلك؟



ب- (لون عين حشره الدروسوفيلا)

ندره لون العين البيضاء في الدروسوفيلا ؟ لانها جينات مرتبطه بالجنس محموله على الكروموسوم x فتظهر على الذكور بجين x واحد فقط اما الكروموسوم y لا يحمل جينات / ولكى تظهر العين البيضاء على الانثى لابد من اجتماع الجينين على الصبغيان x اى بصوره نقيه

مثال : ضرب موركان اناث ذبابة فاكهة ذات عيون حمراء مع ذكور ذات عيون بيض لاحظ جميع ذبابات الجيل الاول كانت ذات عيون حمراء اما ذبابات الجيل الثاني فكانت ثلاثة ارباعها حمراء العيون وربع تقريبا ابيض العيون وهي تشابه النسبة المندلية الناتجة من تضريب احادي الهجين ولكن عند تصنيف الصفات على اساس الجنس فيما يخص افراد الجيل الثاني وجد موركان بان الاناث كانت كلها حمراء العيون اما الذكور فكان نصفهم احمر العيون



والنصف الاخر ابيض العيون لكون الاناث كانت نقية اما في المثال ادناه لكون ان الانثى حمراء العيون هجينة ظهرت اناث بيض العيون في الجيل الاول كما موضح ادناه

الصفات المتأثرة بالجنس Sex-Influenced Dominance

- يؤثر جنس الفرد على تعبير بعض الجينات حيث تبدو الصفات التي تحكمها هذه الجينات في الإناث بشكل مختلف عما توجد عليه في الذكور.
- الصفات المتأثرة بالجنس يعبر فيها التركيب الوراثي عن نفسه بصورتين مختلفتين في الجنسين.
- ينعكس تعبير السيادة أو التنحي لآليلات الجينات المتأثرة بالجنس في الذكور و الإناث ، ويرجع ذلك في الغالب إلى الاختلافات في هرمونات الجنس بين الإناث و الذكور .
- مثل الصفات المتأثرة بالجنس (خصلة الشعر البيضاء في مقدمة الرأس ، غياب القواطع الأمامية العلوية للأسنان ، و صلع قمة الرأس المبكر ، و من أمثلتها في الحيوان وجود القرون في الماشية و الأغنام.

١- **(الصلع المبكر في الانسان)** الجينات المسؤولة لهذه الصفة موقعها على الكروموسومات الجسمية اي هي صفات غير مرتبطة بالجنس من الصفات المتأثرة بالجنس في الانسان (الصلع) ونمط (الناصية البيضاء) وغيرها ويعتبر الصلع من الأمثلة المألوفة على السيادة المتأثرة بالجنس الجين المسؤول عن هذه الصفة يكون سائدا في الذكور ومتنحي في الاناث حيث ينتج الصلع فيهن فقط في حال كون الانثى حاملة لجين الصلع وبحالة متماثل زيجة

b^+b^+	b^+b	bb
ذكر اصلع وانثى صلعاء	ذكر اصلع وانثى سليمة حاملة لجين الصلع	ذكر وانثى سليميين

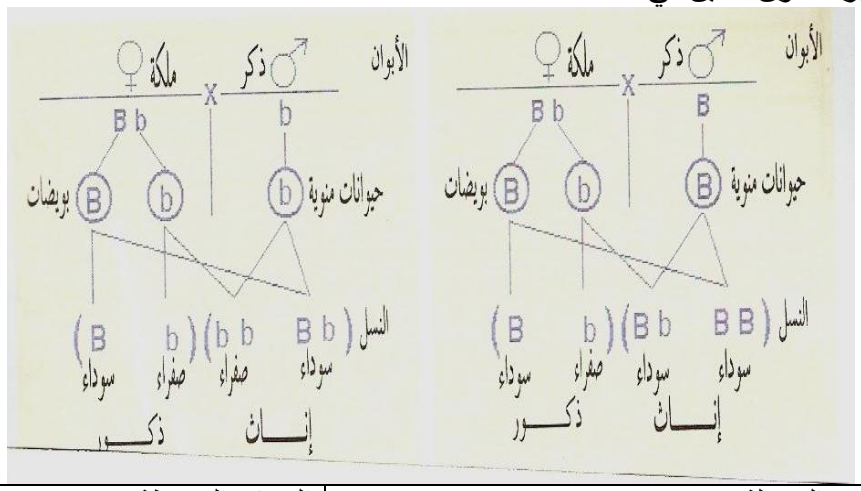
٢- ومن الصفات الأخرى المتأثرة بالجنس هي وراثة القرون في بعض سلالات الأغنام حيث تتاثر الجينات بهرمونات الجنس في الذكور فيسلك الجين سلوك الجين السائد في الذكور والمتنحي في الاناث

h^+h^+	h^+h	hh
ذكور واناث اغنام ذات قرون (سلالة دروسيت)	ذكور ذات قرون واناث عديمة القرون	اناث وذكور عديمة القرون عديمة القرون (سلالة سفولك)

الصفات المحددة بالجنس

- الصفات المحددة بالجنس هي الصفات التي يقتصر ظهورها بأحد الجنسين دون الآخر .
- يتحدد تأثيرها بناء على وجود أو غياب هرمون أو أكثر من هرمونات الجنس .
- ليس لهذه الصفات جينات على كروموسوم الجنس كالصفات المرتبطة بالجنس.
- لا تظهر بشكلين مختلفين كالصفات المتأثرة بالجنس .
- تظهر بأحد الجنسين دون الجنس الآخر رغم أن لها عوامل وراثية في الجنسين
- من أمثلة الصفات المقتصرة على الجنس إدرار اللبن في إناث الثدييات و نمو شعر الذقن و الصوت الأجش في الرجال .

مثل : وراثة الصفات في غشائية الأجنحة : إن صفات غشائية الأجنحة تسلك سلوك الصفات المرتبطة بالجنس في الكائنات التي يتحدد جنسها بنظام زوج كروموسومات الجنس غير المتماثل. وراثة لون العين في نحل العسل.



الجينات الحرة = المستقلة	الجينات المرتبطة
١) جينات تحمل على كروموسومات مختلفه	**١) جينات مختلفه تحمل على نفس الكروموسوم**
٢) وتتوزع اثناء الانقسام الميوزى على الامشاج توزيعا مستقلا	**٢) وتتوزع اثناء الانقسام الميوزى على الامشاج كوحده واحده**
٣) تخضع لقانون التوزيع الحر للعوامل الوراثية	**٣) وتورث من الاباء للابناء كأنها صفه واحده ولا تخضع هذه الحالة لقانون التوزيع الحر للعوامل الوراثية (نسب وراثية اخرى)**
٤) وتظهر فى الجيل الثانى بنسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١	**٤) وتظهر فى الجيل الثانى بنسبة ٣ : ١**
٥) وعند اجراء تلقيح اختبارى بين فرد هجين للصفتين معا مع فرد متنحى للصفتين تظهر النتائج بنسبة ١: ١: ١: ١	**٥) وعند اجراء تلقيح اختبارى بين فرد هجين للصفتين معا مع فرد متنحى للصفتين تظهر النتائج بنسبة ١ :١**

الجينات الحره تتبع قانون مندل الثاني ،لانها جينات تقع على كروموسومات مختلفه وتتوزع اثناء الانقسام الميوزى توزيعا مستقلا على الامشاج الجينات المرتبطه لا تتبع قانون مندل الثانى جينات تقع على نفس الكروموسوم وتتوزع اثناء الانقسام الميوزى على الامشاج كوحده واحده وتورث من الاباء للابناء وكأنها لصفه لواحده

تحديد الجنس Sex Determination

أجريت الدراسات الأولى التي ترتبط بين الكروموسومات وتحديد الجنس لعام ١٨٩١ من قبل العالم البيولوجي الألماني هـ . هنكنج H. Henking الذي اكتشف تركيبا نوويا يمكن تتبعه أثره عملية تكوين السبرمات في بعض الحشرات .

تستلم نصف السبرمات هذا التركيب ونصفها الأخر لا يستلم حينها لم يخمن هنكج أهمية هذا الجسم ولكنه عرف بالجسم المجهول X-body وذكر إن السبرمات تختلف بوجوده عن عدم وجوده . وقد تم إثبات هذه الملاحظات عام ١٩٠٢ والتوسع فيها من قبل العالم ماكلنج C. E. McClung حصل على أنواع مختلفة من الجراد وذكر احتواء أنثى الجراد على عدد كروموسومي يختلف عن الذكر . وقد تتبع الجسم المجهول أثناء عملية تكوين السبرمات ولكنه لم يتمكن من تتبعه في عملية تكوين البيض Oogenesis في أنثى الجراد . ربط ماكلنج بين الجسم المجهول وتحديد الجنس ولكنه اخطأ في قوله انه خاص بالذكور . ولو كان قد نجح في تتبع عملية تكوين البيض لأعطي تفسيرا مختلفا .

حصل المعلومات عن التحديد الجنسي في أوائل القرن العشرين من قبل ويلسون E. B. Wilson ورفاقه من دراسات على حشرات مختلفة وبصورة خاصة عن الجنس *Protenor* وهي مجموعة غير شائعة من الحشرات . في هذه الحشرات نلاحظ أعداد كروموسومية مختلفة في الخلايا الجرمية للجنسين . وقد نجح في تقصي عملية تكوين البيض والسبرمات ووجد إن الخلايا غير المختزلة للذكر تحتوي على (١٣) كروموسوم أما الأنثى (١٤) كروموسوم . وقد وجد إن لبعض الكاميتات الذكرية لها (٦) كروموسومات ولكاميتات أخرى (٧) كروموسومات كان لجميع الكاميتات الأنثوية (٧) كروموسومات . البيضة التي تخصب من قبل سبرم يحتوي (٦) كروموسومات تنتج ذكورا والتي تتخصب من قبل سبرم يحتوي على (٧) كروموسومات تنتج إناثا .

ميكانيكية تحديد الجنس :-

الكائنات التي تتكاثر جنسيا تكون أما أحادية السكن (Monoecious) وفيها الفرد ينتج كل من الكاميتات المؤنثة أو المذكرة كما هي الحال في الحنطة ، الشعير ، الذرة الصفراء ، القطن . أما الشكل الثاني فيكون ثنائي المسكن Dioecious أي يوجد لدينا نبات ذكري ونبات أنثوي كما هو الحال في النخيل ومعظم الحيوانات . ففي الكائن ثنائي المسكن يتميز الجنس باختلاف الكاميتات والعضو الجنسي الرئيسي الذي ينتجه الفرد . وقد يتصف الفرد في هذه الحالة بصفات جنسية ثانوية . فعلى سبيل المثال ، في الإنسان تعتبر صفات الصوت وتوزيع الشحوم في الجسم والشعر والعضلات صفات ثانوية تميز الذكر عن الأنثى . أما في الدروسوفيلا فتشمل الفروقات على الحلقات البطنية ووجود مشط الجنس Sex comb وغيرها .

الكروموسومات الجنسية :- Sex Chromosomes

تتميز العديد من النباتات الراقية وبعض الحيوانات بكونها خنثى hermaphroditic وذلك لإمكان كائن واحد إن يعطي كاميتات ذكرية وأنثوية . وفي هذه الحالة فان الكائن المعني يحمل معلومات وراثية لكلا الجنسين . وعندما يكون كلا الجنسان منفصلين فان بعضا من المعلومات الوراثية التي تحدد الجنس تكون منفصلة أيضا . ولا يعرف عدد الجينات التي تتحكم في جنس أي من الكائنات الراقية . ولكن هذه الجينات تكون محصورة في زوج من الكروموسومات تدعى الكروموسومات الجنسية Sex Chromosomes تمييزا لها عن الكروموسومات الجسمية Autosomal Chromosomes في الفقرات التالية سنتطرق إلى مختلف الأنظمة المتعددة للكروموسومات الجنسية وعلاقتها بتحديد الجنس في بعض الكائنات .

الكروموسومات الذاتية او الجسدية	الكروموسومات الجنسيه
١) هي كروموسومات الجسديه فى الخلية (ماعدا واحد اواثنان جنسيان) ٢) وهي متشابهة فى كل من الذكر والانثى ٣) وتتحكم فى اظهار الصفات الوراثية الجسدية ٤) عددها فى خليه الانسان الطبيعى ٤٤	١) وهي صبغى واحد او صبغيان فى كل خلية ٢) يختلف الصبغى Y عن الصبغى X فى الشكل والحجم ٣) وهي المسئولة عن تحديد الجنس فى الكائن ٤) عددها فى خلية الانسان الطبيعى ٢ (فى الذكر XY وفى الانثى XX)

نظام XX – XO :-

كما ذكرنا سابقا عن اكتشاف الجسم المجهول . من قبل العالم هنكنج عام ١٨٠١ واكتشاف ويلسون وجماعته عام ١٩٠٥ من كون الجسم المجهول هو كروموسوم وعرف بكروموسوم الجنس . في الحشرات توجد اختلافات كروموسومية بين الجنسين حيث يرمز للأنثى بـ (XX) وذلك لاحتوائها على كروموسومين من X واحد . عند الانقسام الميوزي تحمل جميع البيوض كروموسوم الجنس (XO) . أما في الذكور فان نصف السبرمات فقط تحمل كروموسوم الجنس (X) أما النصف الأخر فلا يحتوي على كروموسوم للجنس لذا يرمز لهذا السبرم بـ (O) .
فالبيضة التي تخصب من قبل سبرم من نوع (X) ستعطي اناثا أما التي تخصب بـ (O) فستعطي ذكرا (XO) .

نظام XX – XY :-

وجد العالمان ويلسن وستيفن في اناث حشرة بقة دغل الحليب Milk Weed Bug ان عدد الكروموسومات في ذكر وانثى الحشرة متساوي. وأن البيضة الانثوية Oval تحوي الكروموسوم X فقط، بينما السبيرم الذكري Sperm فقسم يحوي الكروموسوم X
اذا تم التلقيح ثم الاخصاب بين الخلية الذكرية (حبة اللقاح) التي تحمل الكروموسوم X مع الخلية الانثوية (البيضة) تحمل الكروموسوم X فتتكون الخلية المخصبة Zygote (X + X) وهي تنتج فرد انثى. اذا تلقحت البيضة الحاوية على الكروموسوم X مع كميت ذكري يحمل الكروموسوم Y فالناتج بيضة مخصبة هي XY وتعطي فرد ذكر. وهذا النظام يوجد في النباتات والبشر وكثير من الحيوانات. نأخذ مثال البشر العدد الكلي للكروموسومات في خلايا الانسان الجسمية Somatic Cells هو 23 زوج (اي 46 كروموسوم) . يوجد 44 كروموسوم جسمي Auto Chromosome و 2 كروموسوم جنسي Sex Chromosome .

نظام ZW – ZZ :- النظام موجود في الطيور ،الفراشات ،العث وبعض انواع الاسماك. في هذا النظام الاناث تحمل كروموسوم جنسي مختلف ZW ويعطي الكميتات Z , W اما الذكور تحمل كروموسوم جنسي متشابه ZZ وتعطي الكميتات الذكرية Z فقط. ان اتحاد بيضة W مع سبيرم Z يعطي بيضة مخصبة Zygote ZW وهي انثى بينما اتحاد البيضة Z مع السبيرم Z يعطي بيضة مخصبة ZZ وهي ذكر. Z , W ----> FEMALE ZW .Z ----- > MALE ZZ .

الأنثى	الذكر	الأمثلة
XX	XY	الدوسوفيلا ، الإنسان وغيرها من اللبائن وبعض النباتات
XX	XO	الجراد وبعض حشرات متعددة الأرجل ونصفية الأجنحة
ZW	ZZ	الطيور والدواجن . الفراشات والعث
X	Y	حشيشه الكبد Liverworts

مفهوم التوازن في تحديد الجنس :

بعد التعرف على الكروموسومات الجنسية ظهر واضحا إن التحديد الجنسي أكثر تعقيدا مما أشارت إليه الملاحظات الأولية . حيث حصل على أدلة اعقد من مجرد انعزال زوج واحد من كروموسومات الجنس . فقد أظهرت الأبحاث على الدروسوفيلا التي أجريت من قبل برجز C. B. Bridges إن المحددات الأنثوية واقعة على كروموسومات (X) أما المحددات الذكرية فتكون موجودة على الكروموسومات الجسمية . ولم يتم تعيين مواقع معينة . ويقترح من الأدلة الحالية على اشتراك عدد كروموسومات . ولذلك فقط ظهر إن الجينات المحددة للجنس في الدروسوفيلا تحمل على كروموسومات معينة وان جميع الأفراد تحمل جينات كلا الجنسين .
لذلك فان نظرية التوازن الوراثي Genetic balance theory لتحديد الجنس تعطي تفسيرا اشمل لميكانيكية تحديد الجنس .

الكروموسومات الجنسية :-

١-**كروموسوم (X) :-** يكون كروموسوم (X) في الإنسان متوسط الطول بين الكروموسومات الجسمية السابع والثامن . موضع السنترومير قريب من وسط الكروموسوم من المجموعة C . يمكن تمييز كروموسوم (X) بصورة أكثر دقة باستعمال تكنيك حزم النور الفضية اللاصقة Fluorecent banding . يتراوح طول الكروموسوم في دور التقابل الميتوزي حوالي ٥.٥ – ٤.٥ مايكروميتر (um) ويعتمد على التحضير .

٢-**كروموسوم (Y) :-** يبلغ معدل طول كروموسوم (Y) في الإنسان حوالي ١.٨ مايكروميتر ويتغاير طوله باختلاف الرجال. كروموسوم (Y) له سنترومير طرفي Acrocentric وخالي من التوابع وبواسطة تكنيك حزم النور اللاحق fluorescence banding تظهر الذراع الطويلة لهذا الكروموسوم بشكل لماع في التحضيرات الجيدة .

تحديد الجنس في النباتات :- ثنائية المسكن

في نبات (ميلاندريوم) من العائلة (Caryophyllaceae) حيث تحتوي خلاياه في النباتات المذكرة كروموسومي XY وفي النباتات الانثوية كروموسومي XX
النباتات ذات التركيب الوراثي (الكروموسومي) XY تكون نباتات ذكرية ، والنباتات ذات التركيب الوراثي XX تكون نباتات أنثوية ، وعند دراسة نباتات ذات مجاميع كروموسومية مختلفة (تركيب وراثي) فقد اتضح ثلاث مجاميع ما يلي :

١. (2AXY , 2AXYY , 2AXXXYY) تعطي نباتات ذكرية
٢. (2AXXY, 3AXXXY) تعطي نباتات ذكرية مع وجود بعض الأزهار خنثى بنفس النبات
٣. (4AXXXX , 4AXXXY) تعطي نباتات خنثى مع وجود بعض أزهار ذكرية أحيانا

التحديد الجيني للجنس :- لا يظهر إن الجنس في جميع الكائنات الثنائية المسكن dioecious يتحدد بجينات على اثنين أو أكثر من الكروموسومات . فهناك حالات عدة يتوضح منها الاختلاف عن الطريقة الكروموسومية وكما في الفقرات التالية .

التحديد الجيني في الاسبركس :- Asparagus

جصل ريك و حنا Rick and Hanna عام ١٩٤٣ يتحكم في جنس الاسبركس (ثنائي المسكن) زوج من الجينات حيث تكون الذكرية هي السائدة . تنتج نباتات الاسبركس أزهارا

ذكرية وأنثوية ، وتوجد مدقات أثرية في الأزهار الذكرية ومتوك فارغة في الأزهار الأنثوية . وهذه الأعضاء غير فعالة . وفي حالات نادرة جدا تنتج بعض الأزهار الذكرية بذور حية . وهذه البذور نتيجة الإخصاب الذاتي وحسب التعبير الوراثي تكون نتيجة تهجين ذكر × ذكر . لا يعرف أساس هذه المدقات الفعالة في الأزهار الذكرية ولكن اقترح لعوامل وراثية وبيئية دورا للحالة .

نبت ريك و حنا ١٩٨ بذرة من المدقاة غير الشائعة والمنتجة من نباتات ذكرية . وكانت نسبة النسل ١٥٥ نبات مذكر إلى ٤٣ نبات مؤنث (نسبة ٣ : ١) دلت نتائج التهجين الاختباري للنسل المذكر (تهجينه مع نباتات أنثوية) على إن ثلثه فقط كان نقيا (أي نباتات ذكرية نقية) أما الباقي فقد كانت خليطه حيث أعطت نسبة ١ : ١ للنباتات فان التهجين ذكر × ذكر الأصلي هو :-

الاباء :	Aa	X	Aa
	↓		
الجيل الاول :	٤/ ٣ A - + ٤/١ + aa		

التحديد الجيني في الذرة الصفراء :- في نباتات الزهرية وحيدة المسكن

الذرة الصفراء *Zea mays* نبات أحادي المسكن والنورة التي تحمل الأزهار المذكرة تكون في طرف النبات ، أما المدقات فتكون في النورات الابطية (العرنوص) . ومن بين عدة ضوابط للجنس في هذا النبات هناك زوجين من الجينات . التركيب الوراثي (Bs bs) barren stalk يعطي نبات فاقد العرانيص ولكن توجد لديه نورات ذكرية اعتيادية مثل هذه النباتات تكون ذكرية . أما الجين ts (tassel seed) عندما يكون في الحالة النقية فانه يحول النورة الذكرية إلى أزهار أنثوية لذلك تتكون العرانيص فان قمة النبات لذلك تكون الأفراد ذات التركيب ts ts bs bs أنثوية فإذا رمزنا للازهار الذكرية بـ ♂ و♀ للازهار الأنثوية فان التراكيب الوراثية والمظهرية كما يلي :-

التركيب الوراثي	المظهر الخارجي
Bs – tsts	نبات أحادي الجنس اعتيادي ♀♂♀
bsbsTs	نبات مذكر ♂
Dioecious	نبات مؤنث ، العرانيص في أبط وقمة النبات ♀♀♀
Bsbs tsts	نبات مؤنث ، العرانيص في قمة النبات ♀

النبات ذات التركيب الوراثية bsbs tsts أو bsbs Tsts أو bsbs tsts تكون ضروب ذرة ثنائية المسكن Dioecious . يمكن الحصول بسهولة على مثل هذا الضروب بعمل التهجينات بين bsbs Tsts × bsbs tsts والذي ستنعزل إلى النباتات المذكرة والمؤنثة بنسبة ١ : ١ ربما قد حدث مثل هذا الشيء خلال عملية تطوير النباتات الثنائية المسكن .

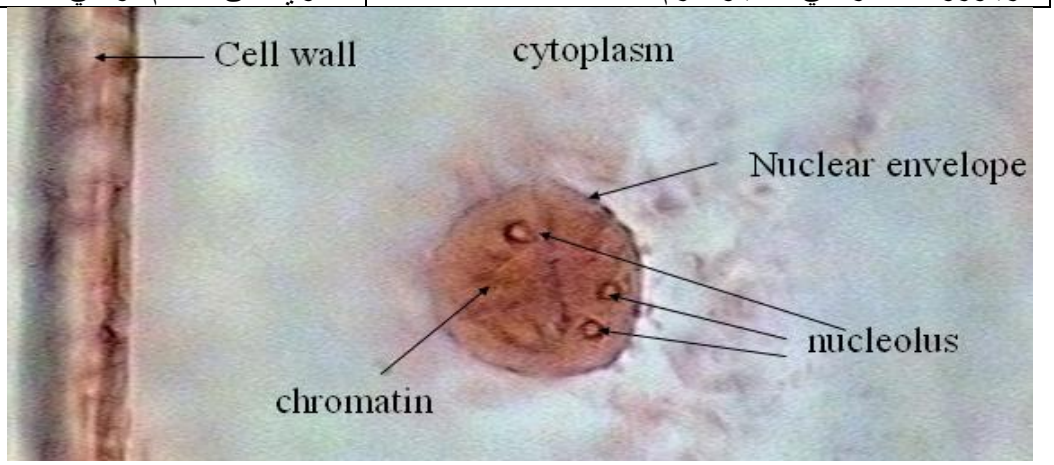
أعداد الكروموسومات النباتات التي تحتوي على أزواج الكروموسومات تسمى بالنباتات ثنائية الكروموسومات ويرمز لها بـ 2N وتسمى Zygotic ، أما خلية البيضة والاسبيرم فتسمى كروموسوماتها Haploid ويرمز له بـ N ويختلف عدد الكروموسومات في النبات باختلاف أنواعه

أنواع الخلايا الحية

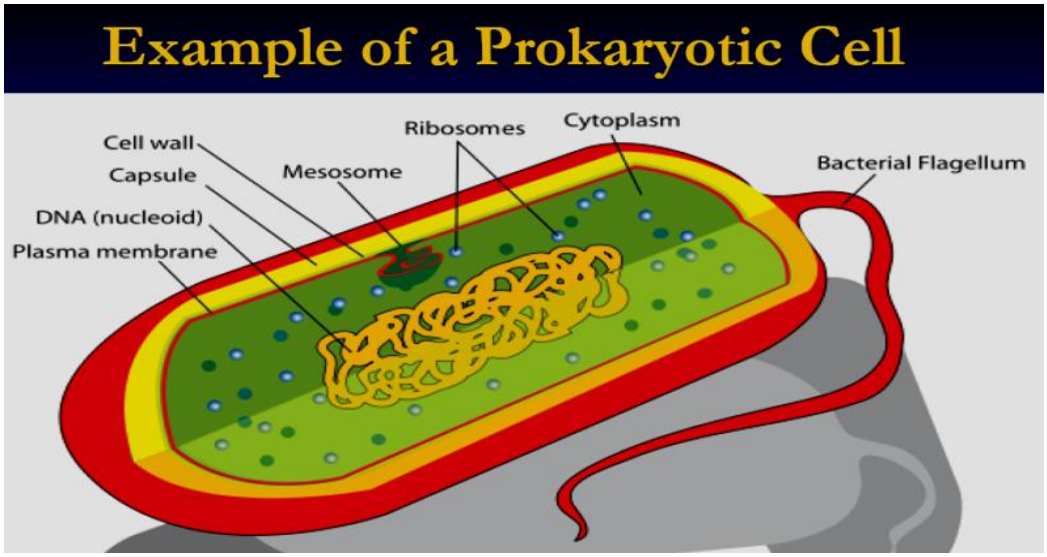
- **خلية غير مميزة النواة Prokaryotic cell**
- **خلية مميزة النواة Eukaryotic cell (خلية نباتية ، خلية حيوانية)**

جدول (١) الفروقات بين خلية بدائية و متطورة

الخلية البدائية Prokaryotic cell	الخلية الراقية Eukaryotic cells
لا تحتوي على النواة أو غشاء نووي	تحتوي على نواة
لا تحتوي على مايتوكوندريا	تحتوي على مايتوكوندريا
لا تحتوي على شبكة اندوبلازمية	تحتوي على الشبكة الاندوبلازمية
لا تحتوي على بلاستيدات ، والكلوروفيل حر في السايتوبلازم	تحتوي على أنواع المختلفة من البلاستيدات
تحتوي على كروموسوم واحد	الريبوزومات ملتصقة بالشبكة الاندوبلازمية
عند التكاثر تنقسم انقساما مباشرا	تحتوي على عديد من الكروموسومات
لا تحتوي على أجسام كولجي	عند التكاثر تنقسم انقساما مباشرا
الريبوزومات حرة في السايتوبلازم	تحتوي على أجسام كولجي Golgi apparatus



شكل (١٣) خلية نبات البصل

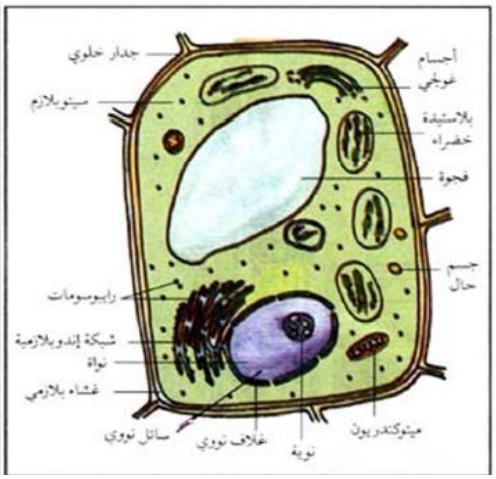


شكل (١٤) نموذج خلية بدائية

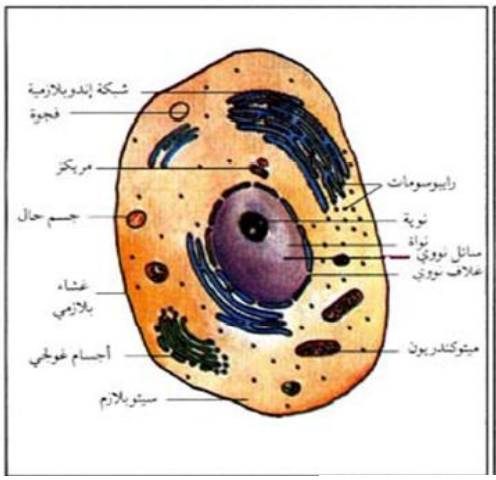
-
-

خلية مميزة النواة Eukaryotic cell (خلية نباتية ، خلية حيوانية)

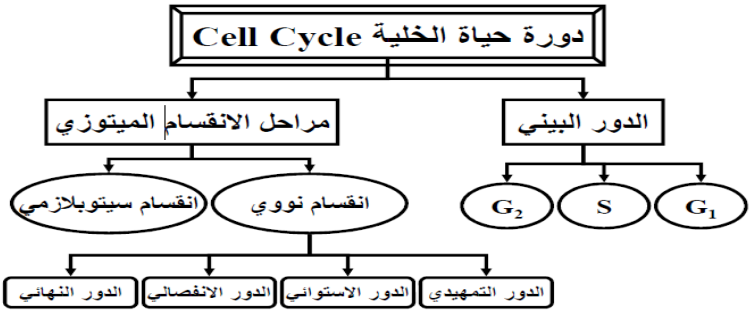
خلية نباتية



خلية حيوانية



-



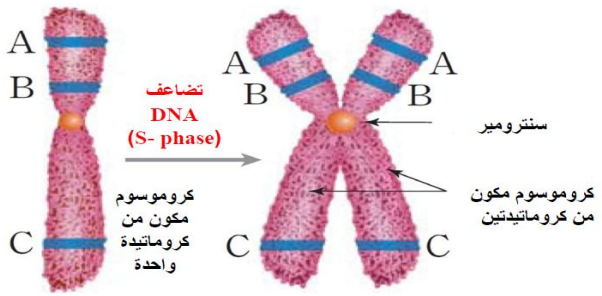
G1 M ⟶ G2 ⟶ S ⟶ Cell cycle= G1

١- **الدور البيني Interphase** *يمثل الدور البيني الفترة الأطول « من عمر الخلية الحية »*

٢- **مرحلة G 1 : هي فترة يتم فيها ١ .زيادة حجم الخلية٢ .تضاعف عدد عضيات الخلية ٣ . زيادة في نشاط الأنزيمات المطلوبة لبناء الحامض وهذه الأنزيمات مع عوامل أخرى (DNA) النووي تعمل على تهيئة الخلية للدخول في مرحلة البناء**

٣- **مرحلة S : ويتم فيها تضاعف حامض الدي أوكسي ريبوز النووي ، حيث يتم عمل نسخة Deoxyribonucleic acid (DNA) جديدة من كل كروموسوم . كما يتم في هذه المرحلة تكوين البروتينات الداخلة في تكوين الكروموسومات في الخلايا حقيقية النواة.**

تركيب الكروموسوم



٤- **مرحلة G 2 بعد اكتمال مرحلة البناء تدخل الخلية في المرحلة الفاصلة الثانية والتي يزداد فيها بناء جميع البروتينات وكل أنواع وذلك كتمهيد لعملية (RNA) الحامض النووي الرايبوزي**

أطوار الانقسام الميتوزي MITOSIS

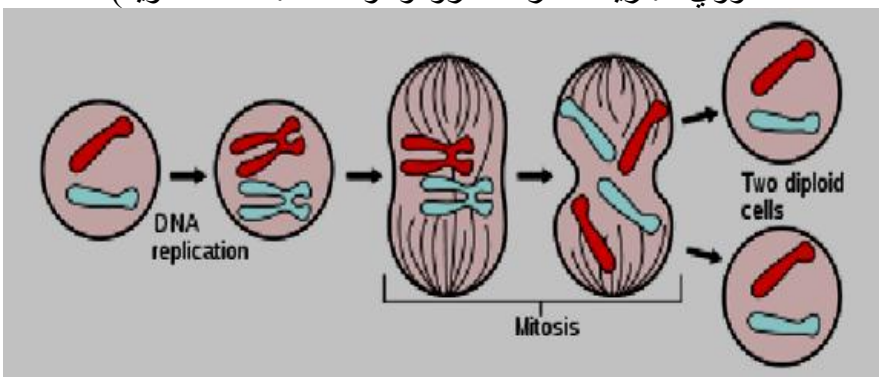
أطوار انقسام MITOSIS و الخلية الجسمية Somatic Cell هنا تنتج خلية جسمية مماثلة للخلية الام و تحتوي على العدد الاصلي من الكروموسومات

2n --------> 2n + 2n

١-انقسام نووي Karyokinesis

أولا-الطور التمهيدي PROPHASE :في بداية هذا الطور يمكن تمييز الكروموسومات حيث تكون على هيئة كتلة ملتفة داخل النواة وتكون أيضا رفيعة وطويلة وكل منها مؤلف من خيطين يعرفان بالكروماتيد Chromatides مضغوطين على بعضهما البعض وفي نهاية هذا الطور تكون الكروموسومات قد انشطرت طوليا

(١. تفكك الغلاف النووي ٢. زيادة حلزنة الكروموسومات ٣. اختفاء النوية)



ثانيا-الطور الاستوائي METAPHASE : تبدو الكروموسومات اقصر واسمك وتنتظم في منطقة استواء الخلية ، يتصل كل كروموسوم بخيوط فايبرية ، تتصل مع بعضها البعض في أقطاب الخلية مكونة المغزل Spindle ، إن منطقة اتصال الكروموسوم بخيوط المغزل تعرف بالجزء المركزي سنترومير Centromer وهي غير قابلة للتلون .

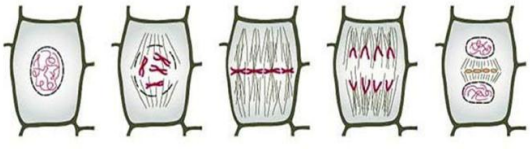
(تصطف سنترومیرات الكروموسومات في منتصف الخلية)

ثالثا- الطور الانفصالي ANAPHASE : ينشطر الكروماتيدان عن بعضهما البعض وتتحرك أنصاف الكروموسومات على امتداد خيوط المغزل لتكون مجموعتين متساويتين من الكروموسومات تجمع كل منهما في احد قطبي الخلية ، تختفي خيوط المغزل في نهاية الطور .

(انفصال الكروماتيدات الشقيقة واتجاه كل مجموعة كروموسومية نحو قطب من قطبي الخلية)

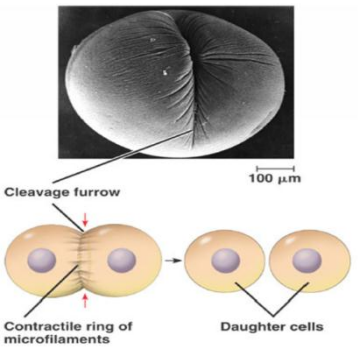
رابعا-الطور النهائي TELOPHASE : في هذا الطور يتكون جدار خلوي جديد بين النواتين الشقيقتين Daughter nuclei وتصبح الكروموسومات غير ملتفة وغير مميزة ضمن النواة إعادة تكون الغلاف النووي ب. فك حلزنة الكروموسومات ج. عودة ظهور النوية

ملخص للانقسام الميتوزي

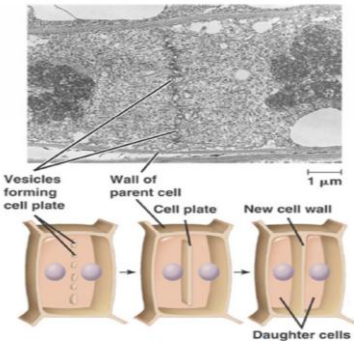


اهمية الانقسام الميتوزي: نحصل من عملية الانقسام الميتوزي و تضاعف المادة الوراثية للدور البيني اذا لم يحدث اخطاء على خليتين جديدتين من خلية واحدة وكلتا الخليتين الناتجتين تحوي على عدد مماثل من الكروموسومات للخلية الابوية. حيث يتم هذا التوزيع بصورة دقيقة. ومن هنا سنعرف ان التضاعف الصحيح للمادة الكروموسومية خلال مرحلة ال S سيضمن حصول كل خلية بنتية جديدة على عدد مماثل للخلية الابوية.

٢-انقسام سيتوبلازمي Cytokinesis



الانقسام السيتوبلازمي (خلية حيوانية)



الانقسام السيتوبلازمي (خلية نباتية)

الانقسام الاختزالي MEIOSIS

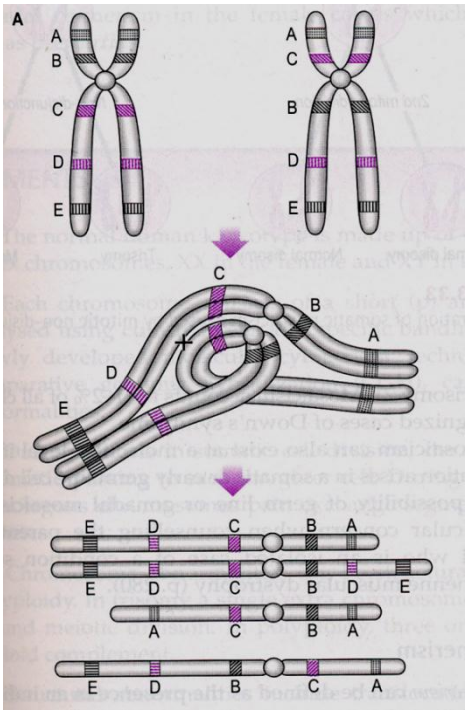
فهو في الحقيقة انقسامين متتالين Two Divisions فيتكون تبعا لذألك من الخلية الجسمية الواحدة اربعة خلايا جنسية Four Sexual Cells تحتوي كل واحدة منها على نصف العدد الاصلي من الكروموسومات الموجودة في الخلية الام.

Somatic Cell 2n ------> n + n + n + n Sexual Cells

أطوار الانقسام الاختزالي MEIOSIS

أولا-الطور التمهيدي للانقسام الأول Prophase of first division

كما هو الحال في الطور التمهيدي من الانقسام الاعتيادي تصبح الكروموسومات مميزة ولكن في الانقسام الاختزالي تتحد مع بعضها مكونة أزواجا منشطرة طوليا وملتفة على بعضها مع ملاحظة وجود كسر Break في بعض المناطق ولكن يعاد التحامه مجددا في مناطق أخرى ويرافق ذلك تكوين أربعة كروماتيدات تكون قد تبادلت أجزاء منها مع بعضها البعض من خلال العملية العبور Crossing over وبذا تكون مختلفة عن الكروموسومات الأصلية من ناحية محتواها من الاليلات الجينات



شكل : يمثل العبور

ثانياً-الطور الاستوائي للانقسام الأول Metaphase of first division :يتم تكوين خيوط المغزل كما هو الحال في الانقسام الاعتيادي . وتنتظم الكروموسومات في منطقة استواء الخلية ويكون كل منها مكون من زوج واحد من الكروماتيد

ثالثاً-طور الانفصال في الانقسام الأول Anaphase of first division يتحرك كروموسوم واحد من كل زوج على خيوط المغزل باتجاه قطبي الخلية

رابعاً-الطور النهائي في الانقسام الأول Telophase of first division : كما هو الحال في الانقسام الاعتيادي تتكون خليتين ولكن لكل منهما نصف العدد الأصلي من الكروموسومات وتعود هذه الكروموسومات وتصبح غير مميزة وبعد فترة راحة وجيزة Resting period يبدأ الانقسام الثاني Second division من عملية الانقسام الاختزالي

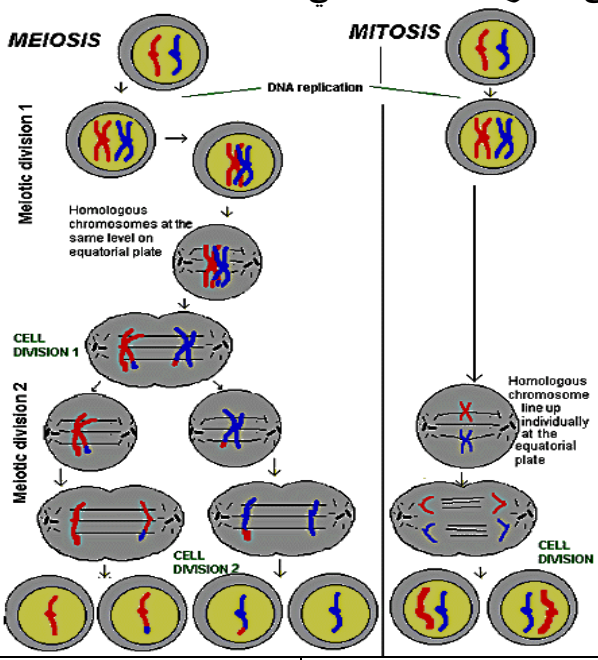
الانقسام الثاني في انقسام الاختزالي Second division of Meiosis

يتبع نفس أسلوب الانقسام الاعتيادي حيث تنفصل كروماتيدات كل زوج عن بعضها لتكون كروموسومين ولكن كنتيجة للانقسام الأول من عملية الانقسام الاختزالي فان هذه الكروموسومات تختلف عن بعضها البعض من ناحية الليلات الجينات التي تحملها وبشكل عام تكون الخليتين الجديدتين غير متشابهين وكما هو الحال في الانقسام الاعتيادي

شكل : يبين الانقسام الميتوزي والميوزي

الأهمية الوراثية للانقسام الاختزالي Function of meiosis

إن أول وظيفة أو أهمية لهذا الانقسام هو اختزال عدد الكروموسومات إلى العدد الأحادي (النصف) ومع ذلك فانه باختبار أجزاء الكروموسومات والمساهمة النسبية لكل من الأم والأب في الكاميتات ، نجد إن له وظيفة أخرى وهي حدوث العبور أو التبادل الكروموسومي وبالتالي الجيني والذي يؤدي إلى الانعزالات المختلفة في النسل .



الانقسام غير المباشر Mitosis	الانقسام المباشر Meiosis
يكون انقسام واحد	يتكون من انقسامين
ينتج عنه خليتين شقيقتين	ينتج عنه أربع خلايا غير شقيقة
يحافظ على عدد الكروموسومات	يختزل عدد الكروموسومات إلى النصف
يحافظ على الخبر الوراثي	ينوع الخبر الوراثي (تتكون اختلافات)
كمية الـ DNA في الخليتين Q	كمية الـ DNA في الخلايا Q2
الكروموسومات المتماثلة تبقى متحدة	الكروموسومات المتماثلة تفترق عن بعضها

العبور (Crossing Over (c. o.) :-

العبور الوراثى : هو تبادل بين أجزاء الكروماتيدات الداخليه للكروموسومات المتماثله و يحدث فى الطور التمهيدى الأول للانقسام الميوزى و ينتج عنه تغير فى الصفات الوراثية (التنوع الوراثى) وهو ارتباط غير تام ينتج عنه تغير فى الصفات الوراثية بنسب محدوده تتناسب مع المسافه بين الجينات على الصبغى

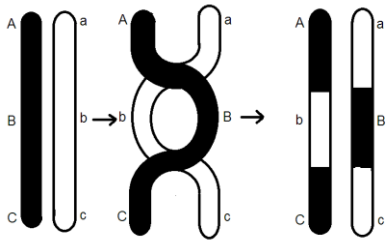
الكيازما : كل نقطة من نقاط الالتفاف او التصالب بين الكروماتيدات الداخلية للكروموسومات المتماثلة وهى مناطق يحدث بها كسر

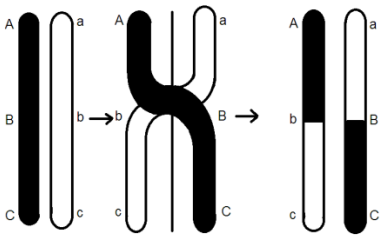
يحدث العبور كل خلية جسمية (2n) Somatic Cell تعطي اربعة خلايا جنسية (n) مختلفة عن بعضها. ان هذه الاختلافات في الخلايا الجنسية هي نتيجة لحدوث العبور في عملية الانقسام الاختزالي. ويكون لدى انتاج حبوب اللقاح Pollens التي هي الكميتات الذكرية او البويضة Oval التي هي الكميت الانثوي وان الكميتات الانثوية والذكرية تحتوي على نصف العدد الاصلي من الكروموسومات . عملية عبور الجينات هي اساس لحدوث التغيرات الوراثية.

ان .C.O لا يحدث في التكاثر اللاجنسي لان الانقسام يكون اعتيادي Meiosis وكل خلية جسمية 2n تعطي خليتين جسميتين 2n + 2n .

اذا كانت النباتات متماثلة الجينات Homozygous فأنها تعطي نفس الذرية بدون تغير لان الأليلات متماثلة و بذألك فالعبور لا يؤثر فيها.

- في حالة حدوث كسر واحد في الكروميدات One Break .
- في حالة حدوث كسر عدد اثنين في الكروميدات Two Breaks .





ان العبور يحدث خلال عملية الانقسام الاختزالي والتي يؤدي الى تكوين الخلايا الجنسية الحاوية على نصف العدد الاصلي من الكروموسومات . فتضريب نبات طويل احمر TTRR مع اخر قصير ابيض ttrr F1:-

P. TTRR X ttrr
G. TR tr
F1 TtRr

وتم اجراء Test Cross الافراد الجيل الاول TtRr:-

P. TtRr X ttrr
G. R , Tr ,tR , tr tr
F2 TtRr , Ttrr , ttRr , ttrr
1 : 1 : 1 : 1

ان هذا يعني ان العوامل الوراثية (الجينات) قد انعزلت انعزالا مستقلا و بذألك خضعت لقانون مندل الثاني وان عبور لاليلات الجينات قد حدث. اما اذا لم نحصل على النسب 1:1:1:1 فيعني ان العوامل الوراثية (الجينات) غير مستقلة في توزيعها و بالتالي فهي غير خاضعة لقانون مندل الثاني. هذا يحدث بسبب وجود ظاهرة تسمى ارتباط الجينات Linkage .

اهميه العبور الوراثى : زيادة فرص التنوع فى الصفات الوراثية بين افراد النوع الواحد مما يساعد على بقائها وتطورها يفيد فى عمل الخرائط الكروموسومية

الارتباط Linkage :-

ان عدم حدوث عملية العبور يعني بان كافة الجينات الموجودة على الكروموسوم سوف يتم توارثها. نادرا ولكن قد تحدث عندما تكون المسافة بين جينين واقعين على نفس الكروموسوم قليلة جدا ومرتبطان بقوة و بذا تكون فرصة ضعيفة جدا لحدوث مناطق عبور وفرصة اكبر للصفتين المسيطر عليهما من قبل هذين الجينين المرتبطين بقوة بان يتم توارثهما سويتا. ان حالة التقارب بين الجينات والتي تؤدي الى ظاهرة عدم العبور تسمى بالارتباط Linkage .

يوجد للارتباط فائدة هامه في حالات خاصة ومثال على ذألك عندما تكون الجينات المرتبطة والتي تتوارث سويتا مسيطرة على صفات معينة ومهمه مثل الانتاجية العالية للنبات وفي نفس الوقت المقاومة العالية لمرض خطير ومعروف.

نستنتج بان الارتباط لا يؤدي الى الحصول على توافقات جديدة بل تبقى التوافقات الابوية.

ان العبور Crossing Over وحدوثة يعتمد على النقاط الاتية:-

1- طول الكروموسوم والمسافة بين الجينات ، حيث كلما زاد طول الكروموسوم والمسافة بين الجينات زادت نسبة العبور والعكس صحيح .

2- نسبة حدوث التقاطعات الكروموسومية او ما يسمى بالكيازما Chiasmi .

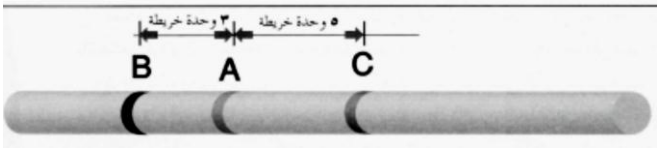
الخرائط الوراثية Genetic mapping (او الكروموسومية)

هي تحديد مواقع الجينات وترتيبها على الكروموسوم بالإعتماد على نتائج ظاهرة ارتباط الجينات وعملية العبور .

ان احتمال حدوث العبور يتوقف على المسافة التى تفصل بين الجينات على الكروموسوم فلو افترضنا إن الجينات A, B, C على نفس الكروموسوم بنفس الترتيب فان المتوقع إن تكون الاتحادات بين A , B تكون اقل من الاتحادات بين A,C لقلة المسافة بين الجين الأول والثاني وكبرها نسبيا بين الجين الأول والثالث .

ملاحظة / وحدة القياس المستخدمة لتقدير المسافة بين موقعي جينين على الكروموسوم الواحد تعادل المسافة التي تسمح بحدوث نسبة عبور مقدارها ١% وتسمى **وحدة خريطة واحدة map unit او Centimorgan**

فاذا كانت نسبة العبور بين الجينين A و B تساوي ٣% فأن المسافة بينهما تساوي ٣ وحدات خريطة ونسبة الارتباط بين هذين الجينين تساوي ٩٧ % واذا كانت نسبة العبور بين الجينين A و C تساوي ٥% فأن المسافة بينهما تساوي ٥ وحدات خريطة ونسبة الارتباط بين هذين الجينين تساوي ٩٥ % ويمكن رسم وترتيب الجينات الثلاثة على الكروموسوم كالآتي :



ان رسم الخرائط الوراثية يهدف الى :

١- معرفة القيمة الوراثية للنوع.

٢- تحديد موقع الجين على الكروموسوم لتميزه عن غيره والاستفادة من ذلك في عمليات النقل الجيني.

٣- معرفة الطفرات التي حدثت على الكروموسوم وهل كانت الطفرات كروموسومية ام جينية .

٤- تحديد عدد الجينات التي تؤثر في الصفة .

٥- ان تحديد الخرائط الوراثية لنوع النبات تساعد المربي او الباحث الوراثي على رسم البرامج الدقيقة لتربية محصول معين وذلك بتحديد الكروموسومات ومواقع الجينات عليها والواجب نقلها من سلالة لاخرى .

ان الخارطة الوراثية يمكن تصورها من خلال فهم عملية العبور وتحديد نقاط الكيازما وكما يلي

نسبة الكيازما= ٢ X نسبة العبور (الاتحادات الجديدة)

نسبة العبور = ٢/١نسبة الكيازما .

اذا ظهرت الكيازما بين المواقع الجينية A , B بنسبة 30% للتركيب الوراثي AB/ab . فما هي نسبة الكميتات العابرة (غير الابوية) والكميتات الابوية؟

الجواب:- نسبة العبور =1/2 × نسبة الكيازما = 1/2 × 30% = 15%

وهذه تمثل التوافقات الجديدة اي غير الابوية.

100% -15%= 85% وهذه تمثل التوافقات الاصلية اي الابوية.

-٢اذا ظهرت الكيازما ما بين المواقع الجينيةD,C بنسبة ٢٠% للتركيب الوراثي CD/cd فما هي نسبة الفراد الابوية والتوافقات الجديدة؟

الجواب-:

نسبة العبور= ٢/١ نسبة الكيازما

نسبة العبور= ٢/١ ٪١٠ = ٪٢٠ X نسبة الافراد الجديدة الغير الابوية.

٪٩٠ =٪١٠ -٪١٠٠نسبة الافراد الابوية.

ان ترتيب مواقع الجينات على الكروموسوم يمكن معرفتها من خلال نظرية الاحتمالات Probability Theory اما حسابيا للجينات القليلة العدد او استعمال الحاسوب الفائق السرعة لعدد الجينات الكبير. المثال التالي يوضح الامر-:

المسافة بين (A-B) B,A هي ١٢ وحدة وراثية و المسافة (B-C) هي ٧ وحدة وراثية والمسافة

(A-C)هي ٥ وحدة وراثية. كيف يتم ترتيب مواقع الجينات على الكروموسوم؟

الجواب

يجب ان نفرض مجموعة من الفرضيات (الاحتمالات) حتى نصل الى الجواب الصحيح.

-١نفرض ان الجين A يقع في المنتصف.

C----٥----A--------١٢----------B

C----٧------B

عندما افترضنا ان A يقع في المنتصف فان ١٧ =١٢ + ٥=BC وحدة وراثية الا ان السؤال يصرح ان BC هو ٧ وحدة وراثية ، وبهذا فان الفرضية الاولى خطأ.

-٢نفرض ان الجين B يقع في الوسط.

C ----٧----B-------١٢----------A

C ----٥--A

مثال/ اظهرت نتائج بعض التضريبات المظاهر التالية :

٢٢٤نبات بيضاء الازهار طويلة و٢٢٣ نبات حمراء قصيرة و٣٧٢ نبات بيضاء قصيرة و ٣٧١ نبات حمراء طويلة ففي هذه الحالة تكون

١ـ نسبة الاتحادات الابوية=(٣٧٢+٣٧١)\المجموع الكلي(١١٩٠)=٦٢.٤٤%

٢ـ نسبة الاتحادات الجديدة=(٢٢٤+٢٢٣)\المجموع الكلي(١١٩٠)=٣٧.٥٦%

٣ـ نسبة الكيازماتا= نسبة الاتحادات الجديدة×٢=٣٧.٥٦×٢=٧٥.١٢%

اما المسافة بين الجينات فتساوي نسبة التحادات الجديدة =٣٧.٥٦ وحدة وراثية

س/ A و B و C و D ، أربعة جينات على كروموسوم واحد فإذا علمت أن: A يبعد عن D ٢٠ وحدة خريطة ، وان نسبة الارتباط بين B و C تساوي ٩٧ ونسبة العبور بين A و C تساوي ١٠ وأن B يبعد عن D ٧ وحدات خريطة . المطلوب :-

١ - ارسم خريطة توضح ترتيب هذه الجينات على الكروموسوم

٢ - كم يبعد الجين C عن الجين B وكم يبعد الجين A عن C ؟

س/ في نوع من الذرة لون البذور وشكلها صفتان مرتبطتان ، وجين صفة اللون (C) سائد على جين عدم وجود اللون (c) ، وجين البذور الملساء S سائد على جين البذور المجعدة s ، فإذا جرى تزاوج بين نبات يحمل الصفتين السائدتين بصورة غير نقية وآخر يحمل الصفتين المتنحيتين ، نتجت أفراد تحمل الصفات الآتية : -

٤٨٠٢ ملونة ملساء البذور : ٤٨٠٢ عديمة اللون مجعدة البذور : ١٠٨ ملونة مجعدة البذور : ١٠٨ عديمة اللون ملساء البذور والمطلوب أ - تفسير سبب ظهور هذه النتائج . ب - تحديد المسافة بين جيني الصفتين على الكروموسوم .

س/ ثلاث جينات A,B,C تقع على كروموسوم واحد فإذا كانت نسبة العبور بين B,C = ١٢ %ونسبة الارتباط بين A,B = ٨٠ % ما هي المسافة بين A و C ارسم الخريطة الكروموسومية لهذه الجينات على الكروموسوم ؟

النفاذية :Penetrance هي نسبة الافراد التي تمتلك نوع معين من التراكيب الوراثية والتي تظهر الشكل المظهري المتوقع. وقد ترجع إلى أسباب :

١- الموروثات المحورة.
٢- الموروثات المتفوقة .
٣- الموروثات المانعة .
٤- التأثير البيئي .

- **مثالها :** الفئران ملتوية الذيل(الجين ct =جين جسدي متنحي)
  ctct x ctct (فئران ذات ذيول متعرجة)
  ٦٠-٥٠ctct % فقط منها ذات ذيول متعرجة

اذا نفاذية هذا الجين (ct) = ٥٠-٦٠%

لو كان لهذا الجين نفاذية كاملة، لكان لكل فرد ذيل متعرج (في النسل)

- **التعبيرية : Expressivity** درجة تعبير جين من الجينات التي يمتلكها الفرد في اظهار الطراز المظهري المعين بدلالة الانحراف عن الطراز المظهري الطبيعي .

فالفئران ctct ←شكل الذيول فيها متباين جدا .

اذان هذا الجين متباين التعبيرية ايضا .

- شدة المرض لجين طافر معين ← متباين بين افراد الانسان المصابة .
- قاعدة: تأثير الجين على مستوى الطراز المظهري لايعتمد فقط على السيادة والتنحى ، ولكن ايضا على التأثير المحور لبقية الجينيوم والبيئة .

الكروموسومات Chromosomes

هي تراكيب خيطية اسطوانية الشكل توجد دائما بين قطبي الخلية حقيقية النواة المنقسمة ولها القدرة على التضاعف الذاتي. وهي تراكيب حركية (متغيرة) ، تحتوى على المادة الوراثية والتي تعمل كنواقل لتخزين ونقل وتعبير وتطور المعلومات الوارثية.

يتكون تركيب الكروموسوم المظهري من:

١- الشريط الكروموسومي (الخيط الصبغي) : عبارة عن خيوط طويلة ودقيقة والذي يكون جزء منه - حامل للمادة الوراثية التي تسمى الكروموميرات .Chromomers

٢- المادة المغلفة: هي مواد غير جينية محيطة بالخيوط ومغلفه بغشاء.

٣- الكروماتيدات (الحبيبات الصبغية): هي أجزاء تركيبية طويلة على الكروموسوم لها القابلية على الاصطباغ الداكن وان ال DNA يحتوي على (١٠ - ١٠٠) حبيبة صبغية ذات حجم صغير جدا .

٤- السنترومير: هو جزء من الكروموسوم بواسطته تتمكن الخيوط المغزلية من الإرتباط الكروموسومي الآخر خلال مراحل الإنقسام الخلوي وهذا الاتحاد ضروري لحركة الكروموسوم أثناء الإنقسام .

٥- الإختناقات الطرفية: مناطق طرفية يتكون فيها الخيط الكروماتيدي لها علاقة بالنوية وتنظيمها وتظهرالنوية في هذه الاختناقات من خلال الطور النهائي .

٦- التابع: هو قطعة صغيرة جدا وضروري جدا لتشخيص العدد الأساسي لاطقم الكروموسوم للكائن – (الجينوم)

٧- الآيروكروماتيد: هي تراكيب مختلفة تتواجد على طول الكروماتيدات وتحوي اغلب الجينات المندلية.

٨- الهتروكروماتيد: تراكيب مختلفة تتواجد على طول الكروماتيدات التي تحوي جينات غير مندلية، فقابليتها للاصطباغ أكثر من الإيروكروماتيد، وهي على علاقة بتحديد الجنس من خلال كروموسوم الجنس.

٩- الحبيبات: هي جسم طرفي ينتهي بها الكروموسوم، لها القابلية على الإصطباغ العالي باللون الداكن خاصة في بداية الطور التمهيدي وهي موجودة في بعض الكائنات لا جميعها.

الكروموسوم بهيئته هو عبارة عن كروماتيدين متحدين، إذ يتكون كل زوج من الكرموسومات من خيطين (قضيبين) يسمى كل واحد منهما بالكروماتيد Chromatid ، فعند إتحاد كروماتيدين يتكون الكروموسوم، فيترتب كل كروماتيد بشكل حلزوني ليحمل في طياته عشرات الألاف من الجينات، وعلى هذا التركيب الحلزوني للكروماتيد يوجد موقع خاص لكل جين (وهو الأليل) على الكروماتيد المقابل، فيتحد الأليلان على الكروماتيدين) أليل تم وراثته من الأب وأليل تم وراثته من الأم عند اندماج الحيوان المنوي ببويضة الأم(لتكوين الجين، فإذا كان الأليلان متشابهين تشابها تاماً في التسلسل النيوكليوتيدي فيطلق على هذه الحالة متماثل الجينات Homozygote واذا كان الأليلان مختلفين في تسلسلهما النيوكليوتيدي فيطلق على هذه الحالة مختلف الجينات Heterozygote

تصنيف الكروموسومات:

يمكن تصنيف الكروموسومات على أساس موقع القطعة المركزية الى أربعة أصناف:

١- كروموسوم وسطي التمركز Metacentric حيث يكون موقع القطعة المركزية في وسط الكروموسوم تماما ويقسم الكروموسوم الى ذراعين متساويين في الطول ويظهر على شكل حرف) V(باللغة الأنكليزية أثناء الطور الانفصالي.

٢- كروموسوم تحت وسطي التمركز Sub metacentric وفية يكون موقع القطعة المركزية قريبا على الوسط ويقسم الكروموسوم الى ذراعين غير متساويين في الطول ويظهر أثناء الطور الانفصالي على شكل حرف (J)
٣- كروموسوم نهائي التمركز Telo centric وفيه تقع القطعة المركزية عند أحدى نهايتي الكروموسوم ويكون الكروموسوم مؤلف من ذراع واحد.
٤- كروموسوم تحت نهائي التمركز Sub telo centric وفيه تقع القطعة المركزية قرب أحدى نهايتي الكروموسوم حيث ينقسم الكروموسوم الى ذراع طويل وذراع قصير.

القطعة المركزية:أن القطعة المركزية التي تنشأ في منطقة التخصر الاولي ترتبط وضيفيا بحركة الكروموسوم أثناء الأنقسام حيث تتصل بالخيوط الدقيقة للمغزل ويتراوح قطر هذه المنطقة من ٠.٢ الى ٣ مايكروميتر.

التخصر الثانوي: في بعض الكروموسومات يلاحظ تخصر دائمي يلاحظ مكان معين في موقع معين وثابت في الكروموسوم وقد يكون التخصر طويل أو قصير.

القطعة الطرفية Telomere : مصطلح يطلق على أطراف الكروموسومات وتمتلك وظيفة فريدة بعملها على منع الألتصاق بين نهايات الكروموسوم وبدونها تلتصق الكروموسومات مع بعضها وهي عبارة عن تواليات متكررة من الحامض النووي ال DNA موجودة في نهايتي الكروموسوم لمعظم الكائنات حقيقة النواة وعدد قليل من بدائية النواة.

التوابع Satellite :
تمتاز بعض الكروموسومات الجسمية بأمتلاكها ما يسمى بالتوابع وتعرف بأنها عبارة عن أجسام كروية بالغالب وقد تكون متطاولة ترتبط بأحدى نهايتي الكروموسوم بواسطة خيط رفيع من لكروماتين ويسمى الكروموسوم الحاوي على التابع ب satellite chromosome

الكروماتين Chromatine : يطلق مصطلح الكروماتين على التركيب المعقد لل DNA والبروتينات الكروموسومية لخلايا حقيقة النواة. يسمى ال DNA بالكروماتين عندما يبدو بشكل كتله من الخيوط الملتفة لدى مرور الخلية بطور الراحة، وهو على نوعين كروماتين حقيقي وغير حقيقي أو متباين وذلك تبعا لشدة الحلزنة والألتفاف الذي تؤثر على نمط تصبغه فيظهر بشكل غامق أو فاتح.

النشاط الجيني :
تقوم الجينات بأنجاز نشاطها وعملها من خلال عملية تكرار Replication الحامض النووي وأستنساخ المعلومات من الحامض النووي بعملية الأستنساخ Transcription وترجمة المعلومات بعملية الترجمة Translation لغرض تصنيع البروتين الذي يعمل كعامل محدد في عمليات الأيض metabolism في الخلية. رغم أن الجينات مستقرة من ناحية تركيبها الكيميائي الا أنها عرضة للطفور mutation الى الشكل المقابل للصفة أن التغير الى الاليل المقابل)مثل A الى a وبالعكس(، كان مندل يفترض وجود الجينات من ملاحظة تأثيراتها النهائية وكما تعبر عنها صفاتها المغايرة.
في الوقت الحاضر تعرف ماهية تركيب الجين الكيميائي ويعرف عملها في توجيه تكوين الصفات من خلال تخصص بروتين الأنزيمات، لذلك فأن مادة ال DNA تحمل المعلومات عن:
١- مواصفات النمو
٢- التمايز differentiation
٣- فعالية ونشاط الخلايا في الكائن.

في أوقات النشاط تنقل المعلومات من الجينات بعملية الأستنساخ transcription ثم تترجم الى بروتين أي أن مجرى العمليات تكون DNA أستنساخ ترجمة بروتين . وعادة تعمل البروتينات كعامل مساعد في التفاعلات الكيموحيوية المختلفة في الكائن الحي.

أولاً : الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين DNA

الحمض النووي DNA يتكون من سلسلتين من عديد النيوكليوتيد ملتفتين حول بعضهما لتكون حلزون مزدوج ، هاتان السلسلتان ترتبطان مع بعضهما عبر روابط هيدروجينية وبحيث ترتبط دائماً قواعد الأدينين (A) مع قواعد الثايمين (T) بتكوين رابطتين هيدروجينيتين بين كل قاعدتين متقابلتين (T=A) كما ترتبط قواعد السيتوسين (C)مع قواعد الجوانين (G) بتكوين ثلاث روابط هيدروجينية بين كل قاعدتين متقابلتين (C-G) ، فتعاقب القواعد في السلسلتين تكون مكملة لبعضهما وبديهي أيضاً أنها لا يمكن أن تكون متطابقة مع بعضها ، أو بمعنى آخر أننا لو علمنا تتابع القواعد في إحدى السلسلتين فيمكننا معرفة تتابع القواعد في السلسلة الأخرى . وتلتف السلسلتان التفافاً حلزونياً يمينياً (باتجاه عقارب الساعة) حول محور مركزي وهمي لتكون حلزوناً مزدوجاً .

إن ترتيب القواعد النيتروجينية على شريطي DNA بطريقة دقيقة ومحكمة ، وتتميز خلايا النوع الواحد بترتيب فريد خاص بتلك الخلايا ترثه من أسلافها وتورثه لأحفادها وبذا تحافظ الأجيال المتعاقبة لهذا النوع من الخلايا على خصائصها الوراثية التي تميزها عن غيرها .

إن عدداً معروفاً متتابعاً للقواعد النيتروجينية الأربع على طول جزيء DNA بالمورث Geneويختلف كل مورث عن الآخر في عدد وكيفية تتابع تلك القواعد .

يقاس طول جزي DNA عادة بالعدد الزوجي للقواعد النيتروجينية التي يتكون منها هذا الجزيء ، وينفرد جزيء DNAبقدرة عجيبة على التفكك Denaturationعندما ترتفع درجة الحرارة فوق ٨٥م ، حيث تنفصل سلسلتي هذا الجزيء عن بعضهما نتيجة لكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية ، وسرعة التفكك تخضع لطبيعة تكرار القواعد النيتروجينية الداخلة في تركيب الجزيء حيث نجد أن تفكك التزاوج بين قواعد الأدينين والثايمين يكون أسرع من تفكك التزاوج بين قواعد السيتوسين والجوانين وهذا يرجع إلى عدد الروابط الهيدروجينية الرابطة بين تلك القواعد . ونجد أن الجزيء قادر على إعادة الاتحاد Renaturationعندما تنخفض درجة الحرارة لجزيء قد تفكك حرارياً فإن السلسلتين المتكاملتين تعاودان الارتباط من جديد .

Four DNA bases

Four kinds of nitrogenous bases:

Purine bases

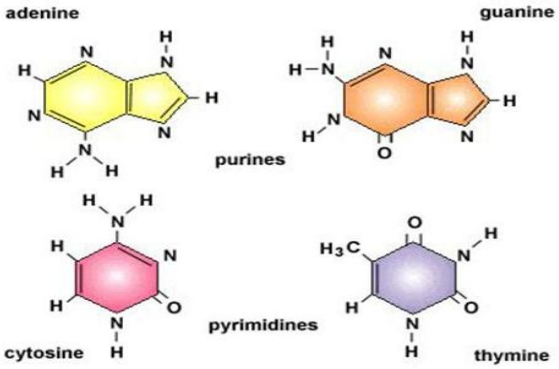
A = Adenine

G = Guanine

Pyrimidine bases

T = Thymine

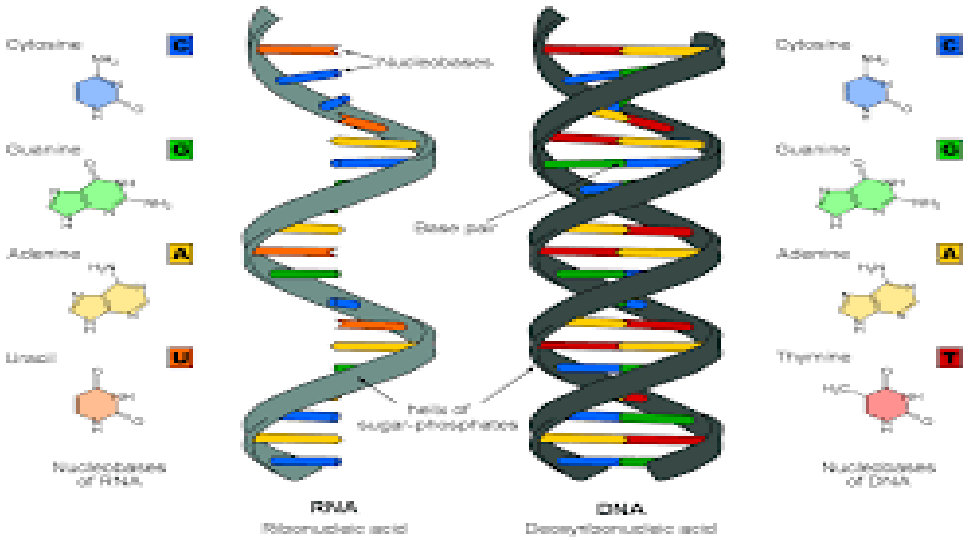
C = Cytosine



ثانياً : الحمض النووي الريبوزي RNA

ينسخ جزي RNA من جزيء DNAخلال عملية حيوية تعرف بعملية نسخ RNA transcription. لذا نجد أن هذا الجزيء يشبه إلى حد كبير جزيء DNAالذي انتسخ منه ، فهو يتكون من سلسلة واحدة تنسخ من الحمض النووي DNA .

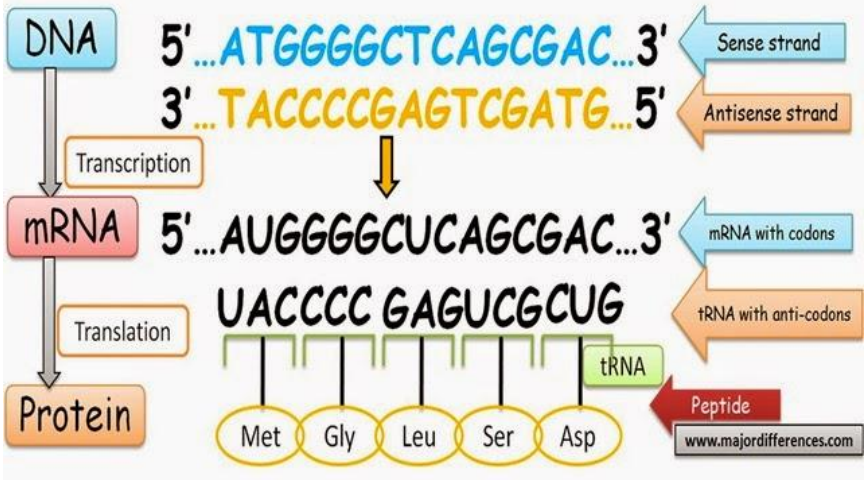
يحتوي جزيء RNAعلى سكر خماسي ريبوزي ، ويحتوي على أربع قواعد نيتروجينية وهي الأديني (A) الجوانين (G) ، السيتوسين (C) ، واليوراسيل (U) ، لذا تعتبر القاعدة (U) قاعدة مميزة لجزيء RNA بينما القاعدة (T) مميزة لجزيء DNA. ويتميز جزيء RNA بأنه قصير جداً إذا ما قورن بجزيء DNAودائماً جزيء RNA يكون وحيد السلسلة إلا أنه قد يوجد فيه بعض المناطق التي تبدو على هيئة مناطق حلزونية مزدوجة قصيرة ، هذا التزاوج يحدث نتيجة لالتفاف شريط RNA في بعض المناطق حول نفسه مما يؤدي إلى تزاوج بعض القواعد النيتروجينية فيما بينها .



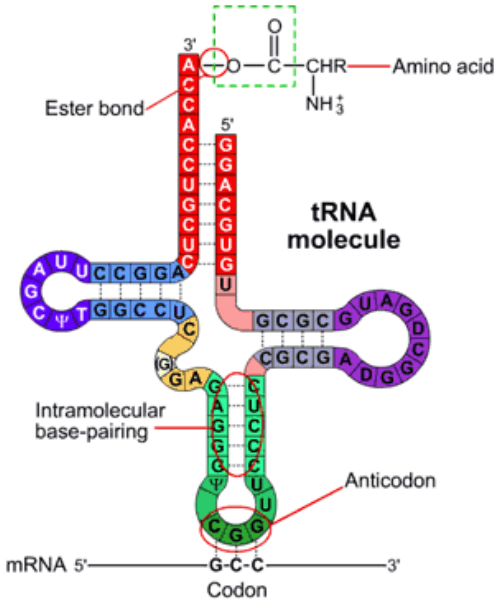
انواع RNA

توجد ثلاثة طرز الى RNA وهي تعتمد على الدور الذي يؤديه في تصنيع البروتين:-

١- Messenger RNA اي الرسول او المراسل ومختصرة m RNA . ان m RNA يحمل الشفرة الوراثية Genetic Code التي تترجم الى تتابع احماض امينية في سلسلة البروتين . ان الشفرة الوراثية تسمى ايضا الرسالة الوراثية Genetic Message .



٢- Transfer RNA اي المحول او الناقل ومختصرة t RNA . ان t RNA هو قارئ الرسالة ومترجمها من لغتها الوراثية الى لغة البروتين .
t RNA وهو عبارة عن جزيء قصير طوله حوالي ٧٣ إلى ٩٣ نيوكليوتيدة وغير مدعوم بالبروتين لكنه متخصص جداً ويملك موقعين أحدهما للتعرف والارتباط مع حمض أميني واحد ، والموقع الآخر للتعرف والارتباط مع الشفرة الوراثية على الحمض الريبوزي الرسول m RNA فهو الذي يأتي بالأحماض الأمينية للريبوسوم أثناء عملية الترجمة . لذا يوجد حمض ريبوزي ناقل t RNA، متخصص لكل حمض أميني وهذا يعني أنه يوجد أكثر من ٢٠ t RNA .



٣- Ribose RNA وهو الحامض الرايبوزي ومختصرة r RNA . انه يدخل في بناء الرايبوزوم مع بروتينات رايبوزومية ولكن لم يعرف دورة لحد الان بصورة يقينية . البعض يعتقد بانه يقوم بوضع وتنسيق t RNA and m RNA في المسار الصحيح ليتم بناء جزيئة البروتين.

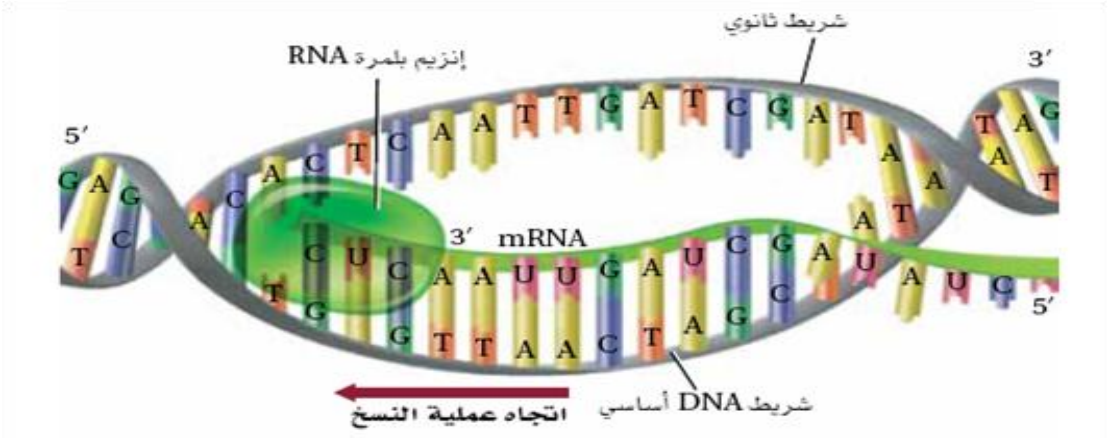
ان الطرز الثلاثة اعلاه (r RNA, t RNA, m RNA) يقوم بتصنيعها DNA بعملية تسمى نسخ RNA .

مقارنة بين DNA و RNA

ت	RNA	DNA
١	يوجد فيه سكر رايبوز $C_5H_{10}O_5$ اي يحتوي على خمسة ذرات اوكسجين	يوجد فيه سكر ديوكسي رايبوز C5H10O4. اي يحتوي على اربعة ذرات اوكسجين
٢	يمتلك قاعدة نيتروجينية تسمى يورسيل U بدلا من الثايمين T .	يمتلك T بدلا من U .
٣	يملك سلسلة مفردة	يحتوي سلسلتين
٤	يتركز وجودة في السيتوبلازم	يتركز وجودة في النواة
٥	يتكون من ثلاثة انواع	يتكون من نوع واحد
٦	المادة الوراثية في البكتيريا	المدة الوراثية لكل الكائنات الحية

استنساخ المادة الوراثية : Transcription

إن المادة الوراثية المتمثلة بالحامض النووي DNA ما هي إلا مخزن للمعلومات ولا تعبر عن نفسها إلا عن طريق احد أشكال حامض نووي آخر هو RNA وهذه المادة تعرف بالمراسل mRNA ومهمتها إيصال المعلومات الوراثية من الـ DNA إلى مصنع المادة البروتينية في الخلية (الرايبوسوم) ،ويتم استنساخ المادة الوراثية بمساعدة أنزيم الـ RNA Polymerase حيث يتحد بمناطق معينة على جزيئة الـ DNA ومن ثم يستنسخ سلسلة واحدة من الحلزنة المزدوجة للمادة الوراثية .



الشفرة الوراثية Genetic Code

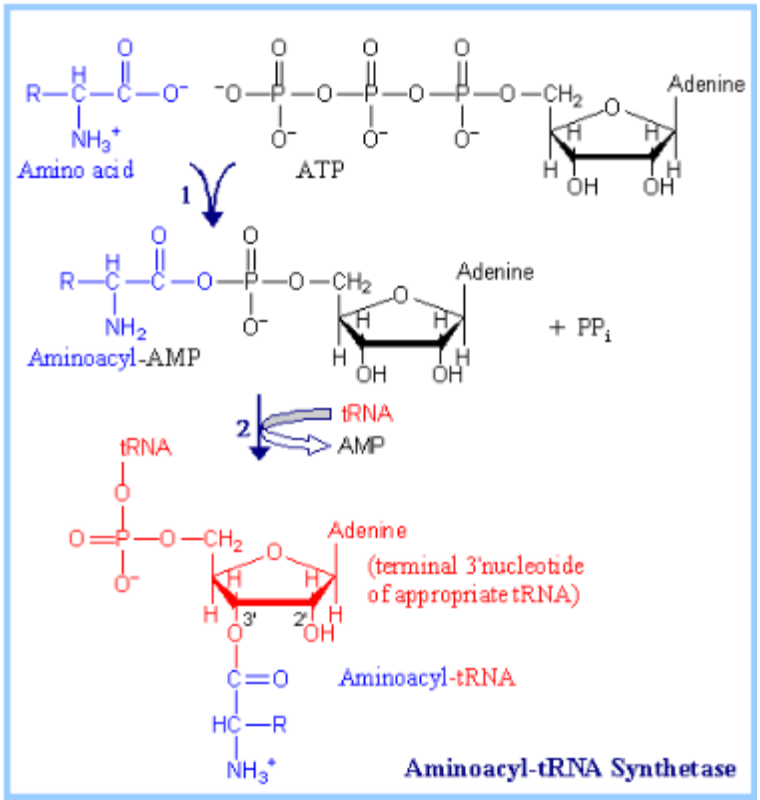
ذكرنا سابقا بان DNA هو المادة الوراثية في جميع الكائنات الحية الا ان المادة الوراثية لبعض الفايروسات هي RNA . ان DNA هو المسؤول عن ظهور الصفات من خلال عملية استنساخ من قالب DNA وكذألك بان هناك متتاليات معينة من النيوكليوتيدات في m RNA مع مجاميع من القواعد المكملة من الناقل t RNA لترجمة قواعد المرسال الى سلسلة بروتينية على سطح الرايبوسوم Ribosome .

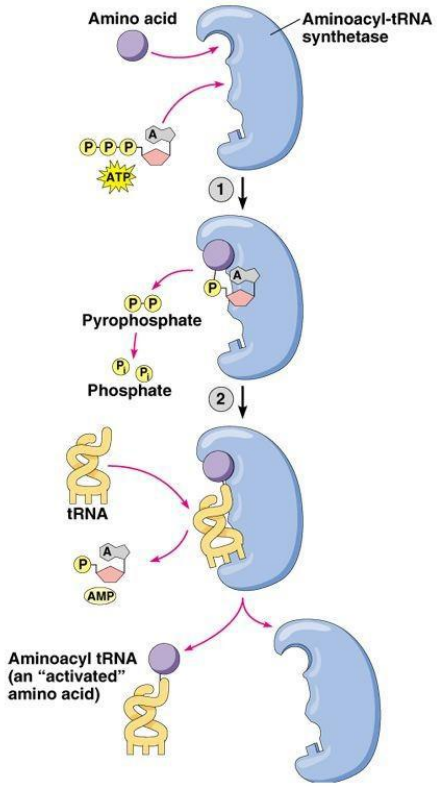
الشفرة الوراثية Codon وهي تعبر عن عدد معين من النيوكليوتيدات في المرسال الذي يحمل المعلومات عن حامض اميني معين. ان هذه تتيح معرفة طبيعة الشفرات لعملية تصنيع البروتين في جميع الكائنات الحية .

ومن الناحية النظرية توجد أربعة أنواع من القواعد النايتروجينية في الحامض النووي DNA وهي الأدنين A والجوانين G والسايتوسين C والثايمين .
أما عدد الأحماض الامينية فلا يتجاوز عددها العشرين نوعاً لذلك فإذا ما رتبت القواعد النايتروجينية الأربعة على شكل مجاميع كل منها تتكون من قاعدتين فتكون الحصيلة $٤^{٢} = ١٦$ زوجاً مختلفاً وهذا خلاف الواقع وعلى هذا فمن الممكن الاستنتاج من أن الشفرة الوراثية تتألف من أكثر من حرفين وهكذا فإذا ما كانت الشفرة الوراثية تتألف من ثلاثة حروف فإن الحروف الأربعة سوف تشكل $٤^{٣} = ٦٤$ شفرة وراثية لعشرين حامضاً أمينياً ولهذا يعني إن للحامض الأميني الواحد أكثر من شفرة واحدة . وأثبتت التجارب البايوكيميائية هذا الاستنتاج . حيث تبين وجود ٦٤ شفرة وراثية منها ٦١ يخص ٢٠ حامض أميني والشفرات الثلاثة الباقية لا تخص أياً من الحوامض الامينية ولذلك عرفت بالشفرات المُنهية Terminating Codons وعرفت أيضاً بشفرات Nonsense .
إن وجود أكثر من شفرة لحامض أميني تختلف بحرف واحد سيؤدي إلى تقليل حدوث الطفرات .
وبينت الدراسات الوراثية والبايوكيميائية المختلفة من إن الشفرة الوراثية أو القاموس الوراثي عام لكل الكائنات الحية .

عملية بناء البروتين :

تعتبر المواد البروتينية من المواد الأساسية لإعطاء النمط المظهري للكائن الحي . فالبروتينات قد تكون لها مهام وظيفية (أي أنزيمية) أو تركيبية (أي تدخل في بناء الخلية) .
ويصنع البروتين في الرايبوسوم في كل أنواع الخلايا من بدائية وحقيقية النواة ، وتتم عملية البناء الحيوي للبروتين عن طريق حدوث آصرة ببتيدية بين الحامضين الامينيين المحمولين على الحامض النووي الناقل tRNA . ولكل حامض نووي ناقل منطقة Anticodon تقابل الشفرة الوراثية Codon المناسبة في المراسل حيث تكون الأواصر الهيدروجينية بينهما وتستمر عملية بناء متعدد الببتايد حتى انتهاء عملية صنع البروتين . وتبتدئ عملية صنع البروتين بالشفرة AUG وتنتهي بأحد شفرات الانتهاء .
وعند حصول تغيير ما في الشفرة الوراثية في الـ DNA فإن هذا التغيير سوف ينتقل إلى البروتين عن طريق التغيير الحاصل في الأحماض الامينية لذلك ينتج بروتين يختلف عن البروتين الطبيعي . وقد تتغير صفاته بحيث يؤدي إلى شكل مظهري لا يشبه النمط المظهري الطبيعي . وهنا ما تحصل لدينا ما يعرف بالطفرة .




Amino acid
Aminoacyl-tRNA synthetase
ATP
1
Pyrophosphate
Phosphate
2
tRNA
AMP
Aminoacyl tRNA (an "activated" amino acid)

التهجين العكسي والوراثة السايتوبلازمية

Recipocal Crosses & Cytoplasmic Inheritance

التهجين العكسي هو تضريب بين نباتين وكمثال على ذلك النباتين A , B واعتبار A هو ذكر Male و B هو انثى Female ، ثم القيام بتضريب اخر بين نباتين متماثلين واعتبار A هو انثى و B هو ذكر. لقد وجد ان هناك اختلافات بين هذين التهجينين والسبب هو اختلاف كميتات السيتوبلازم . ان هذا يؤدي الى الشك بوجود توريث سيتوبلازمي خارج النواة . ان التوريث السيتوبلازمي يكون من خلال سيتوبلازم النبات الام (سيتوبلازم البويضة). ان اصغر وحدة وراثية خارج الكروموسوم في النواة تسمى بلاسموجين Plasmogene و يطلق على مجموع البلاسموجينات التي تحتويها الخلية البلاسمون plasmon . المثال التالي يوضح الامر.

ان صفة الورقة المخططة في الذرة الصفراء محكومة بالوراثة السايتوبلازمية والمخطط التالي يوضح الامر بجلاء:-

اذا تم تضريب نبات ذرة صفراء ذات ورق مخطط واعتبر هذا النبات ذكرا ونرمز له بالرمز A مع نبات ذرة صفراء ذات ورق اخضر واعتبر هذا النبات انثى ونرمز له بالرمز B وكما يلي:-

A Male X B Female

ورقة خضراء ورقة مخططة

ان الجيل الاول F١ كله يحتوي نباتات ذات اوراق خضراء اللون.

ثم نقوم بالتهجين العكسي وكما يلي:-

A Female X B Male

ورقة خضراء ورقة مخططة

ان الجيل الاول F١ يحتوي على نباتات ذرة صفراء على ثلاثة اشكال وهي:-

نباتات خضراء الاوراق

نباتات مخططة الاوراق

نباتات بيضاء الاوراق

ان هذا التضريب يبرهن على ان النبات الانثى هي التي تورث الصفة عن طريق التوريث السايتوبلازمي.

الوراثة السايتوبلازميةCytoplasmic Inheritance

وهي الوراثة المعتمدة على وحدات وراثية Genetic Factors موجودة في السيتوبلازم ونقصد انها موجودة خارج النواة Outside Nuclease وضمن الخلية نفسها. وان % 99 – 98 من كمية DNA التي تتكون منها الجينات Genes موجودة داخل نواة الخلية وبقية DNA % 2-1 توجد في السيتوبلازم ونقصد في العصيات خارج النواة والسابحة في سيتوبلازم الخلية كالميتاكوندريا والكلوروبلاست. بالرغم من قلة كمية DNA غير الكروموسومي الموجودة في السيتوبلازم الى كمية DNA الكروموسومي الموجودة في النواة Nuclease الا انه يلعب دورا مهما في عمليات التنفس وتصنيع البروتين والتركيب الضوئي. ان DNA غير الكروموسومي الموجود في سيتوبلازم الخلية يعمل على اقامة نظام وراثي خارج النواة يسمى بالوراثة السايتوبلازمية. في الوراثة السايتوبلازمية ، الجينات الموجودة في السايتوبلازم مستقلة وذات تضاعف ذاتي لاحماضها النووية ولا تختلف عن الجينات في النواة الا من خلال موقعها المكاني. ان DNA غير الكروموسومي لا يتبع قواعد العامة للوراثة المندلية.

ان الادلة التي تبرهن على وجود الوراثة السايتوبلازمية تتضمن ما يلي:-

1- في التهجينات العكسية Reciprocal Crosses نجد انحراف عن الوراثة المندلية للجين المتحكم بصفة معينة كما تكلمنا عنها سابقا.

B Male X A Female

Or B Female X A Male

ان الاختلافات في نتائج التهجينات العكسية تشير الى كون احد الاباء (الام عادتا) لها تأثير اكبر من الاب في وراثة الصفة تحت الدراسة.

2– الخلية التكاثرية للأنثى تحتوي على كمية اكثر من السيتوبلازم و العصيات السيتوبلازمية مقارنة بالخلية الذكرية.

3- ان توريث الصفات دون توريث جينات نووية يؤيد التوريث السايتوبلازمي اي توريث الصفة تحت الدراسة بسبب وجود جين معين في السيتوبلازم.

العقم الذكري السيتوبلازميMale Cytoplasmic Sterility

صفة العقم الذكري السايتوبلازمي تعني ان حبوب اللقاح Pollens يتم انتاجها الا انها عقيمة Sterile ويتم توارثها ولكن ليس على نمط الوراثة المندلية. ان صفة العقم الذكري مهمة جدا في برامج تربية النباتات وتحسينها من خلال اجراء التهجينات لكون اجراء عملية الخصي Emasculation (ازالة المتوك الحاملة لحبوب اللقاح) لغرض الحصول على النبات الام تكلف كثير من المال و الوقت و الخبرة. لذا في حالة العقم الذكري نحصل على نباتات انثوية وبصورة طبيعية وبتكلفة اقل وبثقة تامة.

مثال يوجد صنف ذرة صفراء عقيمة ذكريا ، اي لا ينتج حبوب لقاح خصبة Fertile Pollens واذا ما تم تلقيح نباتات هذا الصنف العقيم ذكريا Sterile بحبوب لقاح خصبة Fertile Pollens من نباتات ذرة خصبة ذكريا (الملقحات) فانها سوف تنتج حبوب ذرة صفراء بصورة طبيعية. والظاهرة موجود في نباتات اخرى مثل البصل Anion والبنجر السكري Sugar Beat .

المثال يوضح في سيتوبلازم خلية البصل عامل العقم S اي (Sterile) ولا يورث الا عن طريق الام

Variety A ♀ S msms X Variety B ♂ N msms

♂ –Non Existed , S ms ♀ ms ♂ , N ms ♀

S msms Anion Seeds –Sterile

المثال يوضح بان العقم الذكري انتقل عن طريق الام فقط.

الحالة الثانية من التضريب تكون كالاتي:-

Variety B ♀ N msms X Variety A ♂ S msms

Ms ♂ N ms ♀ ms ♂ S ms Non Existed

N msms Fertile ♂

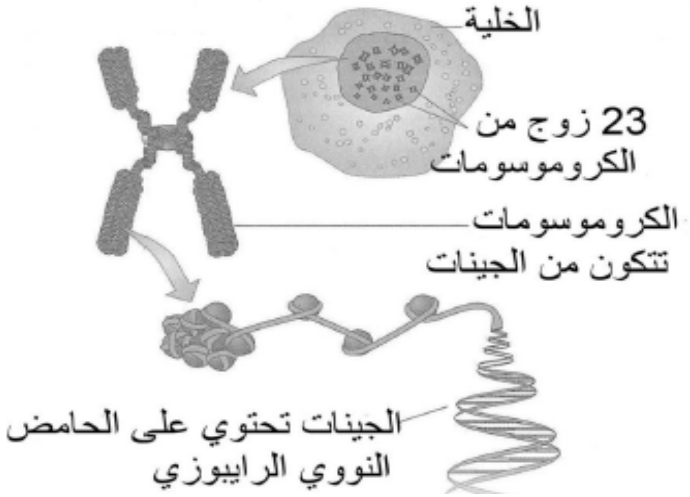
اما في الحالة الثانية فالام خصبة وصفة العقم الذكري لم تنتقل عن طريق الاب لانها تنتقل عن طريق الام فقط.

ان العقم الذكري السيتوبلازمي مهم جدا في نباتات الزينة لأنه يؤدي الى نباتات زينة عقيمة ذكريا واذا ما تم زراعتها بعيدا عن الملقحات وبذا لا يتم تلقيح واخصاب وعدم تكون ثمار وبذور. النتيجة ان هذه النباتات تكون ازهار كبيرة الحجم وجميله المنظر ومتفتحة لفترة زمنية اطول مقارنة للنباتات الخصبة ذكريا.

الجينات والكروموسومات

تتكون أجسامنا من مليارات الخلايا، ومعظم هذه الخلايا تحتوي على مجموعة متكاملة من الجينات، وتتصرف الجينات كمجموعة من التعليمات مسيطرة على نمونا وكيفية عمل أجسادنا، كما انها مسئولة عن الكثير من خصوصياتنا مثل لون العين، وفصيلة الدم، والطول...

تحمل الجينات على مجموعة من الخيوط المتشابكة و الملفوفة ببعضها البعض كبكرة الخيط و يعرف هذا التركيب بالكروموسومات، تحتوي كل خلية جسدية على ٤٦ كروموسوم، بحيث يرث الفرد ٢٣ كروموسوما من الأب و ٢٣ كروموسوما من الأم، و عليه يكون لدى كل فرد ٢٣ زوجا من الكروموسومات، و بما أن الجينات محتواه في هذه الكروموسومات، فان كل فرد لديه في الغالب نسختين من كل جين(واحدة من الأب و الأخرى من الأم)، و هذا هو سبب وجود تشابهة في الصفات الظاهرية بين الآباء و الأبناء، تتكون هذه الكروموسومات- والجينات- من مركب كيميائي يعرف بالحمض النووي كما في الشكل التالي.



تظهر الكروموسومات مرقمة من ١ الى ٢٢ و هي متشابهة بين الذكور و الاناث، و تسمى هذه ال ٢٢ زوج من الكروموسومات بالكروموسومات الجسدية. بالنسبة للزوج ال ٢٣ من الكروموسومات فهو يختلف بختلاف الجنس و لذلك فانه يعرف بزوج الكروموسومات الجنسية، و يوجد نوعان من الكروموسومات الجنسية يعرف الأول بكروموسوم X و الثاني بكروموسوم .Y و تحمل الأنثى نسختين من كروموسوم(X) ترث احداها من الأم و الأخرى من الأب، في حين يحمل الذكر نسخة من كروموسوم X يرثه من الأم و نسخة من كروموسوم Y يرثه من الأب .(XY)والشكل التالي يبين ذلك.

الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

وجد علماء البيولوجي أنه أثناء انقسام الخلية تنفصل الكروموسومات عن بعضها البعض بحيث يصبح في النهاية لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الأصلية ، مما يدل على أن الكروموسومات هي التي تحمل المعلومات الوراثية ، إلا أن الكروموسومات يدخل في تركيبها مركبان رئيسيان هما : حمض DNA والبروتينات ..... فأي منهما يحمل المعلومات الوراثية ؟

وكان من المعروف أن البروتينات مجموعة من الجريئات المتنوعة حيث يدخل في تركيبها ٢٠ حمضاً أمينياً وتتجمع الأحماض الأمينية بطرق متباينة لتعطي عدد لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بينما يدخل في تركيب حمض DNA أربع نيوكليوتيدات فقط .

لذلك أعتقد العلماء في أول الأمر أن البروتينات هي التي تحمل المعلومات الوراثية .

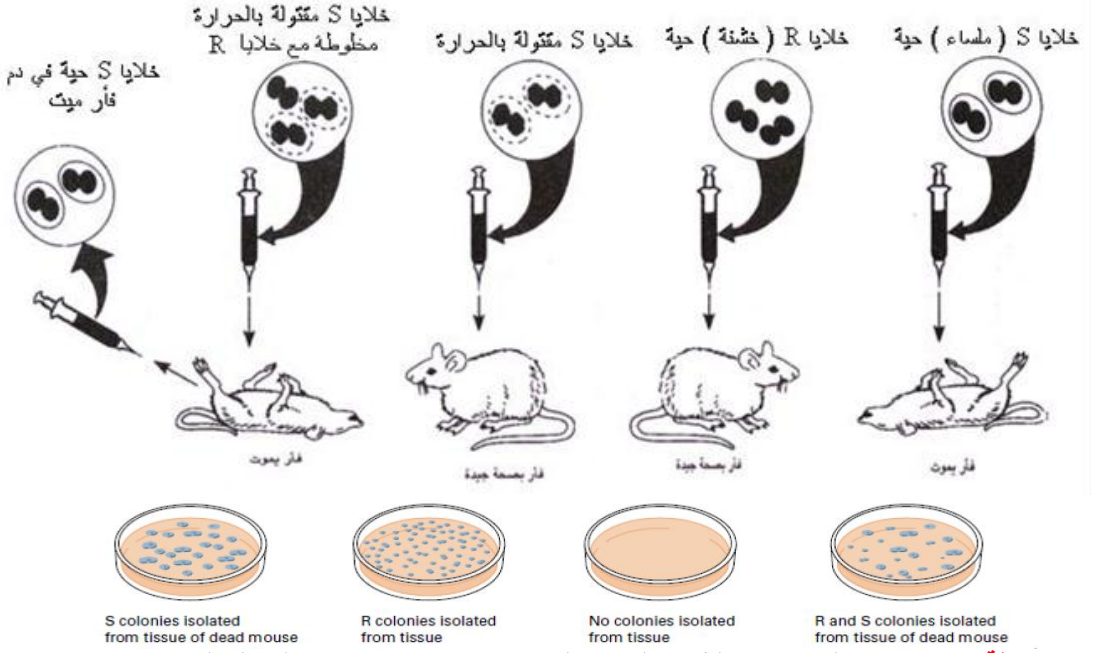
كما كانت المعرفة قليلة بالأحماض النووية ، والتي يبدو أن صفاتها الفيزيائية والكيميائية بعيدة عن التنظيم الضروري للمادة الوراثية ، ولكن هذه النظرة تغيرت بالتدريج ، عندما أظهرت التجارب على الكائنات الحية المجهرية المعروفة نتائج غير متوقعة .

طبيعة المادة الوراثية؟ الأدلة على أن الـ DNA هو المادة الوراثية.

١- **التحول البكتيري**

أ-اكتشف جريفيث سلالتين من بكتيريا الالتهاب الرئوى الاولى **(S)**مميتة (قاتلة) تؤدى الى موت الفئران التى حقنت بها. بينما الاخرى (R) تصيب الفئران بالالتهاب الرئوى دون موتها(غير قاتلة).

ب-حقن جريفيث الفئران بالسلالة المميتة**(S)** بعد ان قتلها بالحرارة مع السلالة الغير مميتة **(R)** لكنها حية.

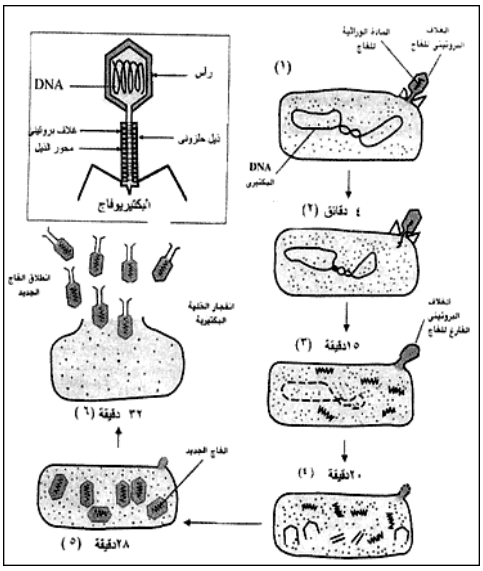


***الملاحظة.** ماتت بعض الفئران وبتحليل دم الفئران الميتة وجد ان به بكتيريا من السلالة المميتة حية (S).

***الاستنتاج:** استنتج جريفيث من ذلك ان هناك مادة وراثية خاصة بالبكتيريا المميتة قد دخلت بطريقة ما الى داخل البكتيريا غير المميتة الحية وحولتها الى مميتة حية.، ومن هنا اكتشف جريفيث التحول الوراثى فى البكتيريا.

***تعريف التحول البكتيرى :**-هو تحول السلالة البكتيرية الى سلالة بكتيرية اخرى تختلف عنها وراثيا.

***تمكن العالم افرى ومعاونوه عام ١٩٤٥م** من عزل مادة نشطة من البكتيريا المميتة لها القدرة على احداث التحول الوراثى فى البكتيريا غير المميتة؟، و فيما بعد ثبت ان هذه المادة هى الـ **DNA** .



٢- - لاقمات البكتيريا Bacteriophages (تجربة هيرشي وتشيس)

أ-يتكون الفاج من ال **DNA** ،وغلاف بروتيني يحيط به.

ب- بعد٣٢ دقيقة من اتصال الفيروس بالخلية تنفجر ليخرج منها ١٠٠ فاج جديد .

ج- دخلت مادة تحتوى على جينات الفيروس الى الخلية البكتيرية وسببت تكوين فيروسات جديدة ترى هل هى **DNA** ام بروتين ؟؟؟

- **DNA** يدخل فى تركيبه الفوسفور ولا يدخل فى تركيبه الكبريت. والبروتين يدخل فى تركيبه الكبريت ولا يدخل فى تركيبه الفوسفور.
- قاما بترقيم **DNA** الفيروسى بالفوسفور المشع وترقيم البروتين الفيروسى بالكبريت المشع

- **خطوات تكاثرالبكتريوفاج** تركا الفيروس يهاجم البكتيريا وقاما بالكشف عن P المشع وS المشع داخل وخارج الخلايا البكتيرية **النتيجة:-** كل P المشع دخل خلية البكتيريا ولم يدخل من S المشع سوى ٣% فقط - وهذا يثبت ان **DNA** الفيروسى هو الذى دخل الخلية البكتيرية ودفعها الى بناء الفيروسات الجديدة.

٣- كمية DNA في الخلايا :

يسبق الانقسام الميتوزي للخلية تضاعف محتواها من DNA ، وخلال الانقسام يتوزع DNA بالتساوي بين الخليتين الوليدتين ، كما يوجد في المجموعات الزوجية من الكروموسومات ضعف كمية DNA الموجود في العدد النصفي للكروموسومات في أمشاج الكائن الحي نفسه ، ومن جهة أخرى فإن توزيع البروتينات في الخلايا الجسمية يختلف كثيراً من نسيج لآخر وليس من الضروري أن تكون كمية أقل في الخلايا الأمشاج مما ينفي أن البروتين يعمل كمادة وراثية ، كما أن البروتينات وجزيئات RNA يتم هدمهما وإعادة بنائها باستمرار في الخلايا بينما يكون DNA ثابت بشكل واضح .

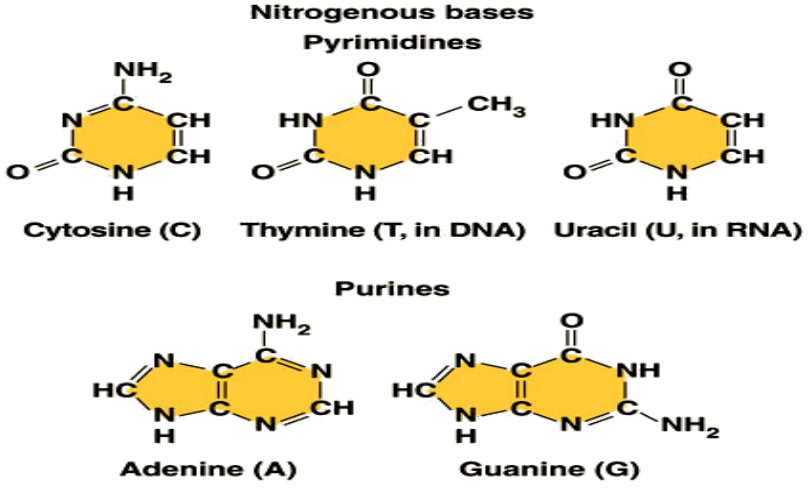
٤- محتوى DNA من القواعد النيتروجينية :

اكتشف عالم الكيمياء الحيوية إرون شارجاف Erwin Chargaff ومساعدوه في أواخر عام ١٩٤٠م أن كل أفراد النوع الواحد من الكائنات الحية تحتوي على DNA ذي تركيب كيميائي واحد ولا ينطبق ذلك على البروتين ، كما أن كل مركبات DNA تتكون من نفس النيوكليوتيدات الربعة التي تحتوي على القواعد النيتروجينية الأربعة (الأدنين A ، والثايمين T ، والجوانين G والسايتوسين C) وهى لا توجد بنسب متساوية في خلايا أفراد الأنواع المختلفة ، إلا ان DNA المستخلص من أفراد مختلفة من النوع نفسه أو مستخلص من أنسجة مختلفة لنفس الفرد تكون النيوكليوتيدات به لها نفس النسبة ، وعلاوة على ذلك فإن DNA الخاص بكل نوع يحتوي على أعداد متساوية من كل من النيوكليوتيدات الأربعة ، أي أن نسب و تساوي تقريباً الواحد الصحيح ، وقد قاد هذا الاكتشاف فيما بعد إلى التعرف على تركيب جزئ حمض DNA .

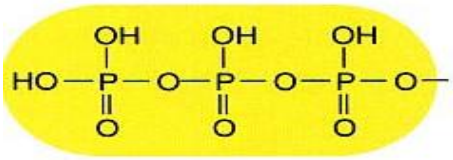
التركيب الكيمياوي للاحماض النووية

تتكون من : مركب حلقي يحتوي على النيتروجين (قاعدة نيتروجينية) ، سكر خماسي (بنتوز) وجزيئة من حمض الفسفوريك.

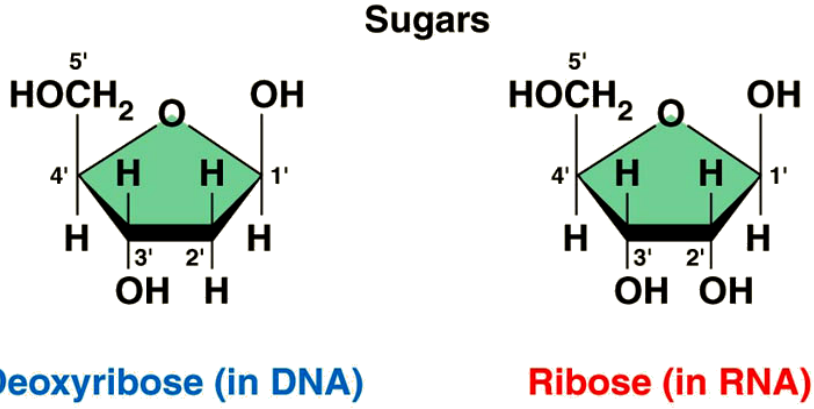
١- القواعد النيتروجينية Nitrogen baseنوعين : قواعد بيرميدنية Pyrimidine والبيورينية Purine :



٢- حمض الفوسفوريك Phosphoric acid

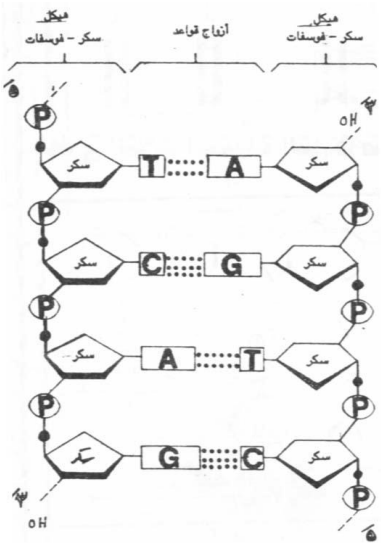


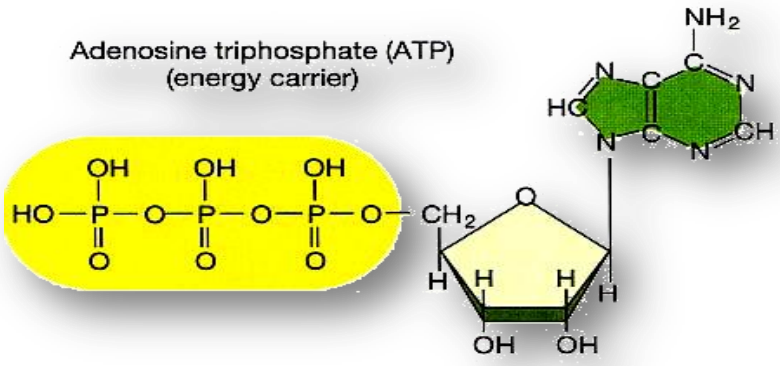
٣- **السكر الخماسي Pentose** : تحتوي النيوكليدات نوعين من السكر الخماسي
١- سكر خماسي ريبوزي ويعرف بـ D – ribose
٢- سكر خماسي ريبوزي منقوص الأكسجين 2- deoxyribose ، كما في الشكل



- عندما يتحد السكر الخماسي بإحدى القواعد النيتروجينية يتكون نيوكليوسايد Nucleoside.
  Sugar + Nitrogen Base =Nucleoside
- عندما يتحد السكر الخماسي مع قاعدة نيتروجينية مع حامض الفسفوريك ينتج مادة تسمى نيوكليوتايد Nucleotide.

Sugar + Nitrogen Base + Phosphoric Acid = Nucleotide
OR Nucleoside + Phosphoric Acid = Nucleotide





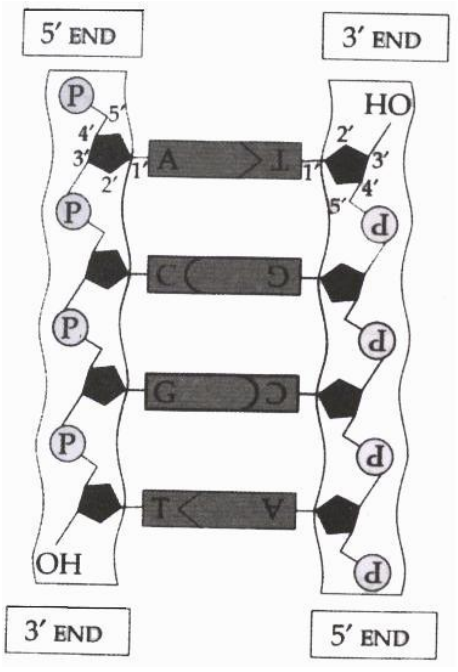
اكتشاف اللولب المزدوج (The Double Helix)

لقد جاء الدليل المباشر على تركيب DNA من دراسات قامت بها روزالين فرانكلين Rosalin Franklin حيث استخدمت تقنية حيود أشعة X في الحصول على صور لبلورات من DNA عالي النقاوة ، حيث تمرر أشعة X خلال بلورات من جزيئات ذات تركيب منتظم مما ينشأ عنه تشتت أشعة X فيظهر طراز من توزيع نقطي يعطي تحليلها معلومات عن شكل الجزيء .

وفي عام ١٩٥٢م نشرت فرانكلين صور بلورات من DNA عالي النقاوة ، حيث بدأ سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة في صورة نموذج model لتركيب جزئ DNA .وفي ذلك الوقت كان عالمان James Watson والإنجليزي فرانسيس كريك Francis Crick غير معروفين جيداً هما الأمريكي جيمس واتسون قد حلا لغز DNA .

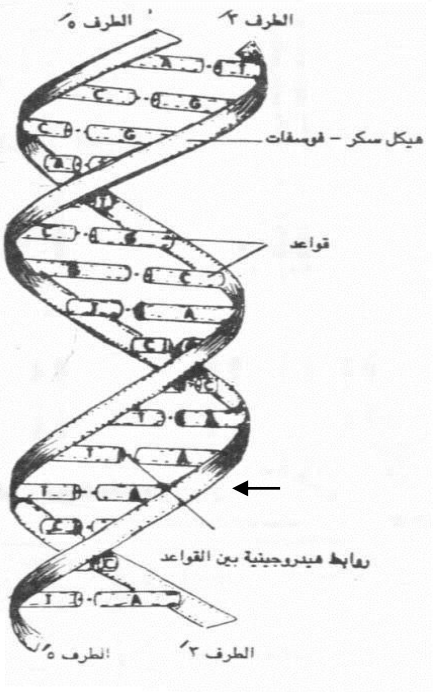
اعتمد واتسون وكريك في أنموذجيهما لحمض DNA على البيانات التي استخلصاها من صورة حيود الأشعة X لفرانكلين ، وفسرا نمط البقع على صورة الأشعة لتدل على أن جزئ DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب Helix معتمدين على إعادة جمع واتسون للصورة ، حيث استنتجا أن عرض اللولب ٢نانومتر بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط ، كما وفرت هذه الصورة دليلاً على أن هيكل سكر- فوسفات يوجد في الجهة الخارجية من اللولب وتوجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل ، كما أن قطر اللولب دل على أنه يتكون من سلسلتين من شريط من DNA والذي أصبح معروفاً باللولب المزدوج ، كما تم استنتاج أن اللولب يعمل لفة كاملة ٣.٤ نانومتر من طوله ، ولأن القواعد النيتروجينية يفصل بينها ٣٤، . نانومتر، لذلك توجد عشر طبقات من القواعد النيتروجينية ، أو درجات على السلم في كل لفة من اللولب ، وقد حدد هذا التركيب وضع القواعد النيتروجينية الأكثر كرهاً للماء داخل الجزئ ، وبذلك فهي بعيدة عن الوسط المائي الخارجي .

ولعمل قطر٢ نانومتر للولب المزدوج فالحل هو ازدواج بيورين مع بريميدين ، كما أن كل قاعدة نيتروجينية يمكنها تكوين روابط هيدروجينية مع الشريك المناسب لها ، فيمكن للأدنين عمل رابطة هيدروجينية ثنائية مع الثايمين فقط ، كما يمكن للجوانين عمل رابطة هيدروجينية ثلاثية مع السايتوسين فقط .



ولكي تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم بين زوجي القواعد النيتروجينية وحتى يتساوى قطر اللولب المزدوج رأى واتسون وكريك أن شريطي النيوكليوتيد في جزئ DNA يكون أحدهما معاكس للآخر بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون '5 في السكر الخماسي في شريطي DNA ، كما أن مجموعة الفوسفات في إحدى النيوكليوتيدات ترتبط مع ذرة الكربون '3 للنيوكليوتيد المجاور . والنتيجة سلسلة DNA بقطبية واضحة Distinct polarity . والكربون الطرفي في إحدى نهايتي هيكل السكر – فوسفات ذرة الكربون '3 ، ولا يرتبط هذا الطرف مع مجموعة الفوسفات ويرتبط مع مجموعة OH^- ويسمى النهاية '3 للسلسلة ، وفي الطرف المقابل ينتهي هيكل السكر – فوسفات بمجموعة فوسفات ترتبط مع الكربون '5 للنيوكليوتيد الآخر ويسمى النهاية '5 لسلسلة DNA في اللولب المزدوج ، وبذلك فمن الضروري أن يكون العمودان الفقريان لسلسلتي DNA

مقلوبين بالنسبة لبعضهما ، ولأن السلسلتين متعاكستين ، لهذا نجد أنه إذا كان اتجاه إحدى السلسلتين 5' 3'
(القطبية) ، يكون اتجاه السلسلة المكملة لها 3' 5' ← سلسلتا DNA المتعاكستان



وفسر نموذج واتسون وكريك قانون شارجاف ، وفي عام ١٩٥٣م فاجأ واتسون وكريك العالم بمقالة موجزة في مجلة الطبيعة Nature البريطانية أوضحا فيها نموذج جزئ جديد لحمض DNA اللولب المزدوج .
والجيد في هذا النموذج أنه أقترح الآلية الأساسية لتضاعف DNA .

نموذج واطسن وكريك:

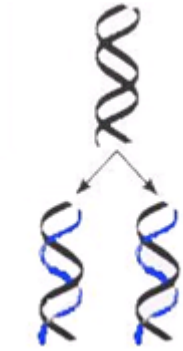
١- يتركب النموذج من شريطين من الDNA يترتبان كالسلم – جانباه يمثلهما هيكل السكر فوسفات وتمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم .
٢- يتكون الدرج الواحد إما من T=A بينهما رابطتان هيدروجينيه ،وإما من G ≡ C بينهما ثلاث روابط هيدروجينية.

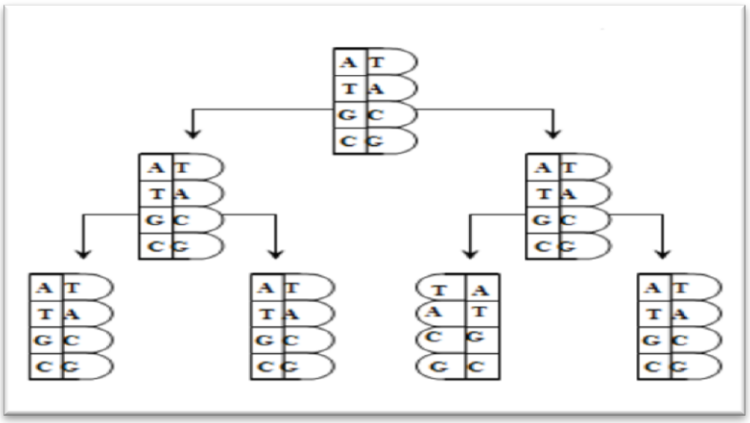
تضاعف الحامض النووىDNA بثلاثة طرق هى:

١. الطريقة شبه المحافظة **Semiconservative of DNA Replication أكثرها قبولا**
٢. الطريقة المحافظة **Conservative of DNA Replication**
٣. الطريقة التشتتية **Dispersive Replication mechanism**

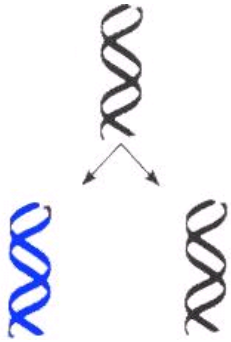
١. **الطريقة شبه المحافظة Semiconservative of DNA Replication**

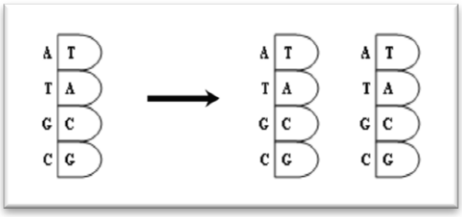
أصبح من الواضح الآن أن الحامض النووى DNA يتكون من حلزون مزدوج تتزاوج فيه القواعد النتروجينية ، في هذه الطريقة يتم انفكاك شريطي الحلزون المزدوج ويتم استخدام شريط منفرد كقالب لبناء شريط منفرد جديد أخر وتكوين حلزون مزدوج وسميت بشبه المحافظة لان بهذه الطريقة يتم المحافظة على شريط منفرد يبنى عليه شريط أخر جديد .





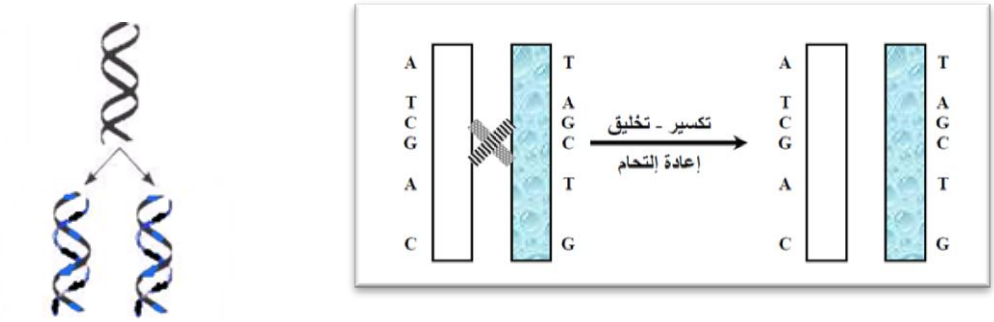
٢. الطريقة المحافظة **Conservative of DNA Replication** في هذه الطريقة المحافظة على شريطي الحلزون المزدوج ويستخدم كلاهما كقالب لبناء حلزون مزدوج جديد .





٣. الطريقة التشتتية **Dispersive Replication mechanism**

في هذه الطريقة يتم تكسير الحلزون المزدوج إلى قطع (شظايا) ثم يعاد التحام هذه الشظايا مع بعضها بطريقة تضمن أن يكون A : T و G : C تكوين حلزون مزدوج جديد



انواع RNA

توجد ثلاثة طرز الى RNA وهي تعتمد على الدور الذي يؤديه في تصنيع البروتين:-

1- Messenger RNA اي الرسول او المراسل ومختصرة m RNA . ان m RNA يحمل الشفرة الوراثية Genetic Code التي تترجم الى تتابع احماض امينية في سلسلة البروتين . ان الشفرة الوراثية تسمى ايضا الرسالة الوراثية Genetic Message .

2- Transfer RNA اي المحول او الناقل ومختصرة t RNA . ان t RNA هو قارئ الرسالة ومترجمها من لغتها الوراثية الى لغة البروتين .

3- Ribose RNA وهو الحامض الرايبوزي ومختصرة r RNA . انه يدخل في بناء الرايبوزوم مع بروتينات رايبوزومية ولكن لم يعرف دورة لحد الان بصورة يقينية . البعض يعتقد بانه يقوم بوضع وتنسيق t RNA and m RNA في المسار الصحيح ليتم بناء جزيئة البروتين. ان الطرز الثلاثة اعلاه (r RNA, t RNA, m RNA) يقوم بتصنيعها DNA بعملية تسمى نسخ RNA .

مقارنة بين DNA و RNA

RNA	DNA
1- يوجد فيه سكر رايبوز $C_5H_{10}O_5$ اي يحتوي على خمسة ذرات اوكسجين	1-يوجد فيه سكر ديوكسي رايبوز $C_5H_{10}O_4$ اي يحتوي على اربعة ذرات اوكسجين.
2- يمتلك قاعدة نيتروجينية تسمى يورسيل U بدلا من الثايمين T .	2- يمتلك T بدلا من U .
3- يملك سلسلة مفردة .	3- يحتوي سلسلتين .
4- يتركز وجودة في السيتوبلازم.	4-يتركز وجودة في النواة.
5- يتكون من ثلاثة انواع.	5- يتكون من نوع واحد.
6- المادة الوراثية في البكتيريا .	6- المدة الوراثية لكل الكائنات الحية.

استنساخ المادة الوراثية : Transcription

إن المادة الوراثية المتمثلة بالحامض النووي DNA ما هي إلا مخزن للمعلومات ولا تعبر عن نفسها إلا عن طريق احد أشكال حامض نووي آخر هو RNA وهذه المادة تعرف بالمراسل mRNA ومهمتها إيصال المعلومات الوراثية من الـ DNA إلى مصنع المادة البروتينية في الخلية (الرايبوسوم) ،ويتم استنساخ المادة الوراثية بمساعدة أنزيم الـ RNA Polymerase حيث يتحد بمناطق معينة على جزيئة الـ DNA ومن ثم يستنسخ سلسلة واحدة من الحلزنة المزدوجة للمادة الوراثية .

الشفرة الوراثية Genetic Code

ذكرنا سابقا بان DNA هو المادة الوراثية في جميع الكائنات الحية الا ان المادة الوراثية لبعض الفايروسات هي RNA . ان DNA هو المسؤول عن ظهور الصفات من خلال عملية استنساخ من قالب DNA وكذألك بان هناك متتاليات معينة من النيوكليوتيدات في m RNA مع مجاميع من القواعد المكملة من الناقل t RNA لترجمة قواعد المرسال الى سلسلة بروتينية على سطح الرايبوسوم Ribosome .

الشفرة الوراثية Codon وهي تعبر عن عدد معين من النيوكليوتيدات في المرسال الذي يحمل المعلومات عن حامض اميني معين. ان هذه تتيح معرفة طبيعة الشفرات لعملية تصنيع البروتين في جميع الكائنات الحية .

ومن الناحية النظرية توجد أربعة أنواع من القواعد النايتروجينية في الحامض النووي DNA وهي الأدنين A والجوانين G والسايتوسين C والثايمين .

أما عدد الأحماض الامينية فلا يتجاوز عددها العشرين نوعاً لذلك فإذا ما رتبت القواعد النايتروجينية الأربعة على شكل مجاميع كل منها تتكون من قاعدتين فتكون الحصيلة $٤^{٢} = ١٦$ زوجاً مختلفاً وهذا خلاف الواقع وعلى هذا فمن الممكن الاستنتاج من أن الشفرة الوراثية تتألف من أكثر من حرفين وهكذا فإذا ما كانت الشفرة الوراثية تتألف من ثلاثة حروف فإن الحروف الأربعة سوف تشكل $٤^{٣} = ٦٤$ شفرة وراثية لعشرين حامضاً أمينياً ولهذا يعني إن للحامض الأميني الواحد أكثر من شفرة واحدة . وأثبتت التجارب البايوكيميائية هذا الاستنتاج . حيث تبين وجود ٦٤ شفرة وراثية منها ٦١ يخص ٢٠ حامض أميني والشفرات الثلاثة الباقية لا تخص أياً من الحوامض الامينية ولذلك عرفت بالشفرات المُنهية Terminating Codons وعرفت أيضاً بشفرات Nonsense .

إن وجود أكثر من شفرة لحامض أميني تختلف بحرف واحد سيؤدي إلى تقليل حدوث الطفرات . وبينت الدراسات الوراثية والبايوكيميائية المختلفة من إن الشفرة الوراثية أو القاموس الوراثي عام لكل الكائنات الحية .

عملية بناء البروتين :

تعتبر المواد البروتينية من المواد الأساسية لإعطاء النمط المظهري للكائن الحي . فالبروتينات قد تكون لها مهام وظيفية (أي أنزيمية) أو تركيبية (أي تدخل في بناء الخلية) .

ويصنع البروتين في الرايبوسوم في كل أنواع الخلايا من بدائية وحقيقية النواة ، وتتم عملية البناء الحيوي للبروتين عن طريق حدوث آصرة ببتيدية بين الحامضين الامينيين المحمولين على الحامض النووي الناقل tRNA . ولكل حامض نووي ناقل منطقة Anticodon تقابل الشفرة الوراثية Codon المناسبة في المراسل حيث تكون الأواصر الهيدروجينية بينهما وتستمر عملية بناء متعدد الببتايد حتى انتهاء عملية صنع البروتين . وتبتدئ عملية صنع البروتين بالشفرة AUG وتنتهي بأحد شفرات الانتهاء .

وعند حصول تغيير ما في الشفرة الوراثية في الـ DNA فإن هذا التغيير سوف ينتقل إلى البروتين عن طريق التغيير الحاصل في الأحماض الامينية لذلك ينتج بروتين يختلف عن

البروتين الطبيعي . وقد تتغير صفاته بحيث يؤدي إلى شكل مظهري لا يشبه النمط المظهري الطبيعي . وهنا ما تحصل لدينا ما يعرف بالطفرة .

الطفـــــراتMutation : الطفرة هي تغيير فجائي مستمر في التركيب الوراثي للكائن الحي ومتوارث خلال الاجيال، ولا يشمل هذا التعريف الاتحادات الجديدة الناتجة عن العبور.
ان مصطلح الطفرة Mutation يشير الى التغيرات الحاصلة في المادة الوراثية والى العملية التي يحدث عن طريقها هذا التغيير .والكائن الحي الذي يبدي شكلا مظهريا جديدا نتيجة الطفرة يسمى بالطافر .Mutant وتعتبر الطفرة مصدر اساسي للتغايرات الوراثية في الطبيعة وتوفر إمكانية التطور لاغراض التكيف مع التغيرات البيئية الجديدة .ومن ناحية اخرى فان ازدياد معدل الطفور قد يؤدي الى عدم الانتظام في انتقال المعلومات الوراثية بدقة من جيل لاخر
أهمية الطفرة :

١- مصدر لظهور أنواع جديدة من الكائنات الحية
٢- تساعد الكائن الحي على التكيف مع التغيرات البيئية
٣- قد تسبب بعض الأمراض الوراثية
٤- بعضها لا يؤثر على حيوية الكائم الحي أو معيشته

أسباب الطفرة :

١ التعرض لأشعة الشمس لفترات طويلة يسبب طفرات في خلايا الجلد بواسطة الأشعة فوق البنفسجية
٢ التعرض للإشعاعات (السينية – الذرية - .....)
٣ التعرض لبعض المواد الكيمياوية مثل غاز الخردل
٤ التعرض لبعض العقاقير مثل الثاليدوميد
٥ التعرض لدرجات حرارة عالية أو منخفضة

ان الطفرات يمكن ان تكون على مستوى الكروموسومات وتسمى بالطفرات الكروموسومية او ان تكون على مستوى الجينات(على المستوى الجزيئي)وتسمى بالطفرات الجينية . وفي ما يلي شرح لكل النوعين:
اولا: الطفرات الكروموسومية وتشمل الحالات التالية:

١ **الاختلافات في اعداد الكروموسومات.**
٢ **الاختلافات في حجم الكروموسومات.**
٣ **الاختلافات او التغيرات البنائية للكروموسومات**
٤ **الاختلافات في شكل الكروموسومات.**

أولا- الاختلافات في عدد الكروموسومات:

تحتوي الكائنات الحية الثنائية المجموعة الكروموسومية diploid على المجموعتين من الكروموسومات المتناظرة احدها قادم من الام والاخر من الاب . ولكن هناك تباين في عدد المجاميع الكروموسومية وهو شائع الحدوث بين انواع الكائنات الحية في الطبيعة، وتشمل الاختلافات في عدد الكروموسومات ما يلي:

١- تعدد المجموعة الكروموسومية الكامل(الحقيقي: Euploidy)

ان الافراد الذين يحصل فيهم هذا النوع من التغيرات الكروموسومية يتميزون بأحتوائهم على عدد كروموسومي هو مضاعفات العدد الاساسي n ويشمل:

- احادي المجموعة الكروموسومية: n1 (Monoploid) : ان صفة ال monoploid تكون طبيعية وشائعة في الفطريات والاشنات وجميع الطحالب ، لكنها تمثل شذوذ في الكائنات الراقية، ففي النباتات تكون هذه الافراد صغيرة الحجم وقليلة الحيوية، اما الحيوانات الاحادية المجموعة الكروموسومية فانها تموت، ويشذ عن ذلك بعض
- ثلاثية المجموعة الكروموسومية : n3 (Triploid) **ان هذه الحالة قليلة الوجود في** الطبيعة وافراد هذه المجموعة تحمل ثلاث مجموعات من الكروموسومات المتناظرة، ويمكن ان تنتج من اتحاد كميت احادي المجموعة الكروموسومية n1 مع كميت ثنائي المجموعة الكروموسومية) n2 (، ان افراد هذه المجموعة عقيمة ومثالها الرقي الثلاثي.
- رباعية المجموعة الكروموسوميةTetraploid n4 : هذه الحالة نادرة الوجود في الحيوانات وشائعة الى حد ما في النباتات، فالنباتات رباعية المجموعة) n4 (قادرة على انتاج كميتات تحمل كل منها) n2 (وبعد التلقيح الذاتي تنتج افراد رباعية الكروموسومات، والمثال على ذلك قصب السكر والشعير والحنطة.
- Polyploid ويشمل الاحياء التي تحتوي على اكثر من اربع مجاميع كروموسومية وهي قليلة الوجود في الطبيعة وخاصة في الحيوانات لكنها موجودة في النباتات كما في حنطة الخبز فهي تمتلك(n=6)والشليك(n=8) .

<u>ترجع حالات التعدد الكروموسومي المختلفة الى سبب او اكثر من الأسباب التالية:</u>

١- عدم انقسام السايتوبلازم بعد اتمام عملية انقسام الكروموسومات اثناء الانقسام الخلوي سواء في الانقسام الاعتيادي او الاختزالي.
٢- عدم انشطار السنترومير يؤدي الى عدم انفصال الكروموسومات في الدور الانفصالي، واذا حدث ذلك في الانقسام الاختزالي فتنتج عنها. 2n
٣- عدم تكوين المعزل يؤدي الى عدم توزيع الكروموسومات المتضاعفة الى قطبي الخلية.

٢- التعدد الكروموسومي غير الكامل (Aneuploidy)

هي الاختلافات الكروموسومية التي لا تشمل مجامع كاملة من الكروموسومات بل تشمل زيادة او نقصان بعض الكروموسومات من بعض الازواج الكروموسومية المتناظرة وينشأ هؤلاء الافراد بسبب عامل او اكثر من العوامل التالية:

أ- **اتحاد كميتات غير متوازنة الكروموسومات مع بعضها لاي نوع من الانواع- .**
ب- **فقد او زيادة كروموسوم واحد او اكثر في احدى الخلايا نتيجة عدم انتظام الدور الانفصالي Anaphase في الانقسام الاختزالي.**

يكون الافراد ذات التعدد الكروموسومي غير الكامل قليلي الانتشار و ذو حيوية واطنة وعدم القدرة على العيش و التناسل بصورة طبيعية، وتنقسم افراد هذه المجموعة الى:

أ- **باتجاه الزيادةHyperploids -وتشمل- :**

- Trisomicثلاثية الكروموسوم (2n+1) → AA BB CCC
- Double trisomic ثنائية ثلاثية الكرموسوم (2n+1+1) → AABBBCCC
- Tetrasomicرباعية الكروموسوم (2n+2) → AA BB CCCC
- Pentasomicخماسية الكروموسوم (2n+3) →AABBCCCCC

ب- باتجاه النقصان : Hyposomic وتشمل : -

- Monosomicاحادية الكروموسوم (2n-1) → AABBC.

- Doublemonosomic ثنائية احادية الكروموسوم (2n-1-1) → AA B.C.
- Nullisomicغائبة الزوج الكروموسومي .. (2n -2) → AA BB

التغيرات او الاختلافات البنائية للكروموسومات :

ان الكروموسومات منظومات معقدة وهي على درجة عالية من الدقة و التنظيم في سائر العمليات الحيوية التي تقوم بانجازها ومن ضمنها عملية الانقسام الخلوي، ولكن رغم ذلك يمكن ان تحدث فيها انقسامات قد تؤدي الى حدوث تغيرات تركيبية غير طبيعية سواء كان ذلك طبيعيا او بسبب عوامل مصنعة من قبل الانسان كالاشعاع او الحرارة او المطفرات الكيميائية. وهذه التغيرات غير الطبيعية قد تحدث لكروموسوم واحد او اكثر من المجموعة الكرموسومية، وهذه التغيرات في الكروموسومات تحدث بصورة واضحة في المملكة النباتية اكثر من حصولها في المملكة الحيوانية، ومن اهم التغيرات النباتية للكروموسومات هي :

١ النقص : - Deletion (Deficiency)

وهي حالة التي يفقد فيها جزء من الكروموسوم الذي يحمل جين مفرد او عدة جينات وهذا الفقد قد يكون طرفي او وسطي ويمكن ان يكون النقص متماثل في الكروموسومين النظيرين ويسمى في هذه الحالة . Homozygous def او ان يكون النقص في احد الكروموسومين فقط و يسمى . Heterozygous def . والشكل التالي يوضح النقص الطرفي.

ان النقص ال Hetro اهم من النقص Homo من الناحية الوراثية، فسبب بهذا النقص يظهرتاثير بعض الجينات التي كانت متنحية بسبب فقد الجينات السائدة وعند ذلك تلعب هذه المواقع الجينية المتنحية دورا كبيرا في السيادة عن طريق اظهار الصفة حيث يطلق عليها السيادة الكاذبة . وعندما يقترن الكروموسومين النظيرين واحدهما حدث له نقص وسطي فتظهر حلقة النقص Loop deficiency تحت المجهر بسبب اقتران المواقع الجينية السليمة مع بعضها وانتفاخ المواقع الجينية التي فقدت أليلاتها المقابلة.

٢ التكرار او الاضافة(Addition) Duplication - :

هي حالة اضافة قطعة زائدة من الكروموسوم تحمل جين واحد اواكثر الى كروموسوم اخر وقد تكون الاضافة طرفية او وسطية، صغيرة او كبيرة، وقد تكون الاضافة في احد الكروموسومين او في كليهما .وعندما تكون الاضافة في احد الكروموسومين النظيرين تحدث حلقة الاضافة وهي تشابه حلقة النقص تحت المجهر . وللإضافة دور مهم خصوصا اذا كانت الجينات المضافة ذات ميزات اقتصادية مهمة.

٣ الانقلابInversion : -

وهو عبارة عن انقلاب قطعة من الكروموسوم فيها مجموعة من الجينات وتغيير اتجاهها بمقدار 180اي ينعكس تاثيرها وذلك لانكسار الكروموسوم ثم التحامه مرة أخرى والكروموسوم الناتج يحمل نفس الجينات الاصلية الموجودة على الكروموسوم الا انها بترتيب مختلف والانقلابات الكروموسومية على نوعين:

- انقلاب يشمل منطقة السنترومير ويشمل هذا الانقلاب على اجزاء من ذراعي- الكروموسوم لذا فأن منطقة الانقلاب تحتوي على السنترومير.

- انقلاب خارج منطقة السنترومير ويكون هذا النوع من الانقلاب قاصرا على ذراع- واحد من ذراعي الكروموسوم اي تكون القطعة المنقلبة بأكملها الى جانب واحد من جانبي السنترومير لذا فهو يقع خارج منطقة الانقلاب.

٤ الانتقالات: Translocation -

هي عبارة عن تبادل اجزاء كروموسومية قد تكون متساوية الطول او غير متساوية للكروموسومات غير المتناظرة و في بعض الاحيان يحدث كسر لكروموسوم واحد او اكثر حيث تبدو النهايات المكسورة لهذه الكروموسومات كما لو كانت لزجة وقد تتصل مع كروموسوم غير نظير حيث ينتج عن ذلك حالات الانتقال المختلفة وهي:

- لانتقال البسيط : يتمثل هذا النوع بانتقال قطعة كروموسومية مكسورة من- كروموسوم الى اخر غير مناظر له.
- الانتقال المتبادل : في هذا النوع من الانتقال يتبادل الكروموسومان غير النظيرين- جزئين من القطع الكروموسومية قد تكون متساويتين او غير ذلك.

ثانيا : الطفرات الجينية او النقطية

وهي الطفرات التي تحدث على مستوى الجين ويعرف الجين على انه تتابع خصوصي (متوضف)من النيكلوتيدات في ال .) DNA (والجينات المختلفة تمتلك تتابعات مختلفة من النكلوتيدات وعلى ذلك فالطفرات هي تبديل في تتابع تسلسل ازواج القواعد النتروجينية لل DNA ويمكن ان تكون الطفرات الجينية على احد الاشكال التالية:

انواع الطفرات الجينية:

١- طفرات الحذف: Deletion mutations ونحدث حينما يحذف زوج او اكثر من ازواج القواعد النتروجينية للجين.

٢- طفرات الغرس او الحشر.Insertion mut : وتحدث حينما يحشر زوج قواعد جديدة بين ازواج قواعد الجين.

٣- طفرات الاستبدال : Substitution mut وهي الطفرات التي تحدث نتيجة استبدال قواعد نتروجية ببعضها ويكون الاستبدال على نوعين :

أ- استبدال متماثل : - Transition وهي استبدال قاعدة من نوع بيورين باخرى بيورين ايضا ($G \leftrightarrow C$) او استبدال قاعدة نتروجينية من نوع بايرمدين باخرى من نوع بايرمدين ايضا ($T \leftrightarrow A$)

ب- استبدال غير متماثل - : Transversion وهي الطفرات التي تنتج من استبدال قاعد نتروجينية من نوع بيورين بأخرى من نوع بايرمدين او بالعكس .

ملاحظة: ان الطفرات الجينية من نوع الحذف و الغرس تكون خطرة جدا لانها تؤدي الى تغيير في قراءة الشفرات الوراثية مما يؤدي الى تغير الناتج البروتيني الى بروتين غير فعال يمكن ان يؤدي الى موت الخلية .

تصنيف الطفرات الوراثيةClassification of mutations

اولا : حسب الحجم Size وتكون:

١- - طفرة جينية نقطية : .point mut وهي تغيير قطعة صغيرة جدا من ال DNA ويشمل نكلوتيدة واحدة او زوج منها.

٢- طفرات كبيرة: .gross mut وهي تشمل تغيرات تتضمن عدد كبير من النكلوتيدات بحث تصل الى كروموسوم كامل او مجموعة من الكروموسومات وقد سبق الكلام عن النوعين اعلاه.

ثانيا : حسب النوع Quality وتكون من:

أ- طفرات تركيبية وتشمل- :

١ طفرات استبدال وهي تشمل طفرات استبدال متماثل(بيورين بدلا عن بيورين او برميدين بدلا عن برميدين) وطفرات استبدال غير متماثل (بيورين بدلا من برمدين او بالعكس.)

٢ طفرات استقطاع او حذف deletion وهي عملية فقدان زوج او اكثر وسبق الكلام عنها

٣ طفرات اضافة او حشر - Insertion وهي اضافة زوج او اكثر من القواعد الى الجين كماوضحنا ذلك سابقا .

ب طفرات اعادة الترتيب : – Rearrangement وهذه الطفرات تخص الكروموسومات وتتضمن الانتقالات والانقلابات وسبق الحديث عنها .

ثالثا : حسب المنشأ Origin وتكون:

١- طفرات تلقائية Spontaneous وهي الطفرات التي تنشأ دون تدخل الانسان فيها بل تحدث بسبب المركبات الايضية داخل الخلية او بسبب الظروف البيئية الطبيعية .

٢- طفرات مستحدثة Induced وهي الطفرات التي تحدث بسبب تدخل الانسان وذلك باستعمال المواد المطفرة كالاشعة المؤينة مثل اشعة السينية) x (والفا وبيتا وكاما والاشعة غير المؤينة مثل الاشعة فوق البنفسجية وكذلك درجة الحرارة والمطفرات الكيمياوية .

رابعا : حسب الاتجاه Direction وتكون :

١- الطفرات الامامية Forward mut. تسبب تغيير الطراز البري الى طراز مظهري جديد

٢- طفرات عكسية او رجعية Reverse mut. وهي عكس النوع الاول اي ترجع الطراز المظهري الغير عادي الى الطراز البري .

خامسا : حسب نوع الخلية - Cell type التي تحصل فيها الطفرة :

١- طفرات جسمية .mut Somatic : تحدث في الخلايا الجسمية وتنتج شكلا مظهريا طافرا في جزء من الكائن الحي مثل السرطان في الانسان او الكايمرا في النبات وهي لا تتوارث عبرالاجيال .

٢- طفرات جنسية (كميتية) Gametic mut. : وتحدث في الخلايا الجنسية وهي تتوارث خلال الاجيال المتعاقبة.

<u>الطفرات و الاقلمة:</u>

ليس جميع التغيرات في الاشكال المظهرية للكائنات الحية تعود الى الطفرات الوراثية بالضرورة بل هناك عدد من العوامل التي تؤثر بصورة ما على الصفات البرية للكائن الحي، حيث يمكن ان تكون بعض التغيرات في الشكل المظهري البري رجع ا الى متطلبات التأقلم Adaptation وليس سبب الطفرة كما مر ذلك سابقا حول تغير بعض الصفات المظهرية بسبب درجة الحرارة مثلا او الغذاء.

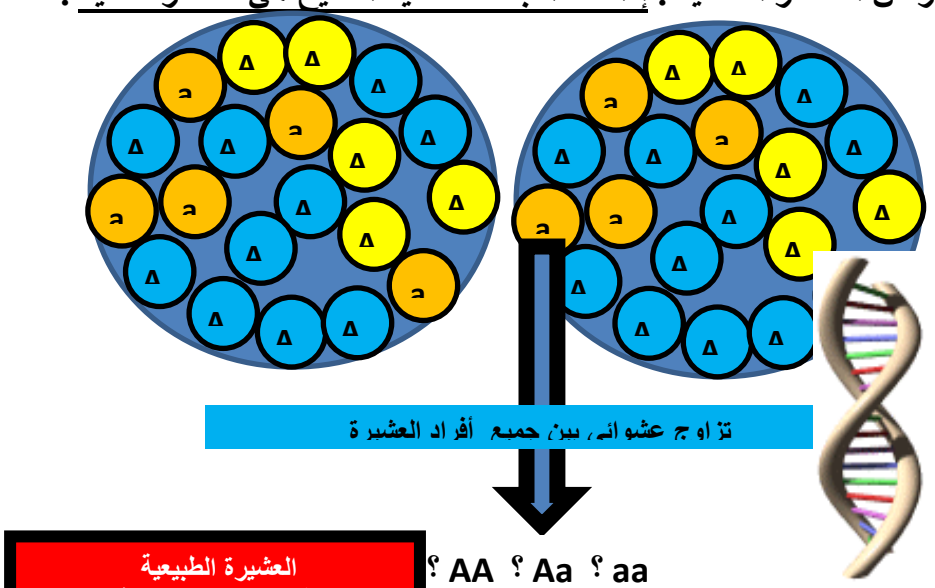
<u>وراثة العشائر Population Genetics</u>

هو ذلك الفرع من علم الوراثة الذي يهتم بالمجتمعات وهذا الفرع يهتم بناحيتين أساسيتين هما:

- سلوك الجينات في العشيرة أو العشائر .

- التطور الحاصل في العشيرة من خلال التعويض الجيني تحت ظروف الانتخاب الطبيعي

العشيرة POPULATION : هي عبارة عن مجموعة من الأفراد تتزاوج مع بعضها البعض جنسياً وتشترك مع بعضها بمجمع أو مستودع جيني Gene Pool ، ومثل هذه العشيرة تسمى **بالعشيرة المندلية ، ومن التعريف نلاحظ أن النباتات التي تتكاثر ذاتياً والتي تتكاثر لا جنسياً لا تعتبر من العشائر المندلية . إذاً فقط النباتات خلطية التلقيح هي عشائر مندلية .**



تقسم أنظمة التزاوج إلى :

- **التزاوج العشوائي وتدرس التكرار الجيني ، اتزان العشائر لكل من :**
  - **موقع واحد باليلين : واقعة على كروموسوم جسمي**
  - **موقع واحد بأكثر من اليل .**
  - **موقعين باليلين .**
  - **جينات المرتبطة بالجنس .**
  - **اليلات عدم التوافق الذاتي .**
  - **مكونات التباين .**
  - **التشابه بين الاقارب**
- **تزاوج التربية الداخلية : تزاوج بين افراد بينهم صلة قرابة**
- **التربية الخارجية : تزاوج بين أفراد ليس بينهم صلة قرابة**
- **التزاوج المظهري السالب .**
- **التزاوج المظهري الموجب**

المجموع	الافراد ذات التركيب الوراثي المتنحي	الافراد ذات التركيب الوراثي الخليط	الافراد ذات التركيب الوراثي الأصيل (السائد)
التركيب الوراثي			
	aa	Aa	AA
عدد أفراد التركيب الوراثي			
N	N_0	N_1	N_2

نسبة التركيب الوراثي			
$D= N_2 / N$	$H= N_1 / N$	$R= N_0 / N$	1
تكرار التركيب الوراثي			
p^2	2pq	q^2	١

مفهوم التكرار الجيني : هو نسبة وجود جين معين في العشيرة وعادة قيمته بين (٠-١) واذا كانت نسبته نادرة فإن قيمته قريبة من الصفر ، وإذا كانت نسبته كبيرة فإن قيمته قريبة من الواحد .

$$P = f(A) = \frac{N_2 + 0.5N_1}{N} = D + 0.5H$$

$$q = f(a) = \frac{0.5N_1 + N_0}{N} = 0.5H + R$$

$$p + q = 1$$

أعداد — نسب

$$\text{التكرار الجيني } A = \frac{\text{عدد وجود الجين } A \text{ في العشيرة}}{\text{العدد الكلي للجينات}}$$

$$\text{التكرار الجيني } a = \frac{\text{عدد وجود الجين } a \text{ في العشيرة}}{\text{العدد الكلي للجينات}}$$

حيث إن :

- P التكرار الجيني المتنحي
- q التكرار الجيني السائد
- N_0 عدد التركيب الوراثي المتنحي
- N_1 عدد التركيب الوراثي الخليط
- N_2 عدد التركيب الوراثي السائد
- N عدد التركيب الوراثي الكلي
- R نسب التركيب الوراثي المتنحي
- H نسب التركيب الوراثي الخليط
- D نسب التركيب الوراثي السائد

مثال : احسب التكرار الجيني للعشائر التالية

التركيب الوراثي	AA	Aa	aa	الحل	
نسب أفراد العشيرة ١	٠.٣٦	٠.٤٨	٠.١٦	P=D+0.5H=0.36+0.5(0.48)=0.6	q=1-p=1-0.6=0.4
عدد أفراد العشيرة ٢	٣٦٣	٦٣٤	٢٨٢	P=(N2+0.5 N_1)/N =363+0.5634)/1279 =0.53	q=1-p=1-0.53=0.47

$$P = f(A) = \frac{N_2 + 0.5N_1}{N} = D + 0.5H$$

$$p + q = 1 \implies q = 1 - p$$