أساسيات علم الوراثة النباتية
القسم العملي

منشورات جامِعة الفُـرات
كلية العلوم بالحسكة
قسم علم الحياة

أساسيات علم الوراثة النباتية

القســـم العملي
السنة الثانية

تأليف

الأستاذ الدكتور أيمن العرفي
أستاذ تربية النبات في كلية الزراعة

الدكتورة نجلاء اسماعيل
قائم بالأعمال في كلية الزراعة بالحسكة

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الجلسة العملية الأولى	9
مقدمة في علم الوراثة	9
علم الخلية	10
التركيب الكيميائي للأحماض النووية	12
الصبغيات	15
الجلسة العملية الثانية	17
الانقسام الخلوي غير المباشر	17
الانقسم الاختزالي	19
دورة حياة الذرة الصفراء	24
الجلسة العملية الثالثة	27
استخلاص المادة الوراثية	27
الطرق المستعملة لقياس نقاوة DNA	35
الجلسة العملية الرابعة	37
بعض المفاهيم الاحصائية	37
قوانين الاحتمال	38
الجلسة العملية الخامسة	43
قوانين ماندل	45
الهجونة الأحادية	43
الهجونة الثنائية	45
الجلسة العملية السادسة	53
الانحراف عن النسب المندلية	53
الجينات المهلكة	54
التفاعل الجيني	55

فهرس المحتويات

الجلسة العملية السابعة	57
الاختبارات التي تؤكد نتائج التجارب	57
مربع كاي	57
الجلسة العملية الثامنة	69
الارتباط والعبور	69
مسافة الخريطة الوراثية	73
العبور المضاعف	73
الجلسة العملية التاسعة	79
الوراثة المرتبطة بالجنس	79
وراثة الجنس في النباتات	83
الجلسة العملية العاشرة	87
العقم الذكري	87
العقم الذكري الوراثي	87
العقم الذكري السيتوبلازمي	88
العقم الذكري الوراثي – السيتوبلازمي	89
الجينات المعلمة	90
عدم التوافق الذاتي	91
الجلسة العملية الحادية عشر	95
الصفات الكمية	95
المعادلة ذات الحدين	95
مثلث باسكال	97
المراجع	99

بسم الله الرحمن الرحيم

تمهيد

يعرف علم الوراثة Genetics هو العلم الذي يسعى إلى تفسير التشابه والتباين بين الأفراد التي ترتبط ببعضها بصلة قرابة إن المورثات هي الوحدات التي تؤلف المادة الوراثية وتتحكم في صفات الكائن. كما يُعرف علم الوراثة بأنّه العلم الذي يُعنى بدراسة الجينات، وهي الوحدة الأساسيّة التي تنقل الصّفات الوراثيّة من الآباء إلى الأبناء، وقد عنينا في هذا المقرر المتواضع أن نسلط الضوء على دراسة الأحماض النووية وتأثيرها على التّفاعلات التي تحدث في الخليّة الحيّة، كما يُعنى علم الوراثة بدراسة دور العوامل البيئيّة في ظهور الصّفات الوراثيّة.

لقد ظهر مصطلح علم الوراثة (Genetics) عام 1905، ويعود الفضل في تطوّر علم الوراثة للعالم غريغور مندل الذي اكتشف القوانين التي تحكم انتقال الصّفات الوراثيّة من جيل لآخر في منتصف القرن التّاسع عشر، بالإضافة الى ذلك فقد تمت دراسة بعض المفاهيم الاحصائية وتسخيرها لفهم عمل المورثات بالإضافة الى التعريف بالصفات الكمية وتدعيم كل ذلك بأمثلة مختلفة ومسائل عديدة تسهل على الطالب فهم القوانين الوراثية.

وانطلاقاً من ذلك كله توخينا من خلال مفردات هذا المقرر أن نوفر لطلابنا الأعزاء كل ما يلزمهم للإلمام بعلم الوراثة ومن هو المسؤول عن توريث الصفات والتفاعلات الجينية ليكونوا قادرين على تفسير بعض المظاهر الوراثية والقيام بدورهم بشكل صحيح.

والله ولي التوفيق

المؤلفان

الجلسة العملية الأولى

مقدمة:

علم الوراثة Genetics هو العلم الذي يسعى إلى تفسير التشابه والتباين بين الأفراد التي ترتبط ببعضها بصلة قرابة. والتوريث Heritability هو نقل الصفات من الآباء إلى الأبناء بينما التباين يلاحظ خلال الأبناء بسبب تأثير كل من التركيب الوراثي والعوامل البيئية.

إن العامل الوراثي والذي يدعى المورث (Gen) يحمل المعلومات الوراثية للكائن الحي والمحمول على الصبغيات (Chromosomes). والكروموزومات اصطلاح ألماني يعني الأجسام القابلة للصباغة (Chroma لون و Some جسم). وقد توصل العلماء إلى كون الكروموزومات هي الأجسام الحاملة للمادة الوراثية.

ولكي نفهم أساسيات علم الوراثة لابد من التأكيد على أن التكاثر الجنسي هو الأساس في وراثة الصفات حيث يتم تكوين الأعراس المذكرة والمؤنثة التي تتزاوج بدورها لتكوين البيضة المخصبة (Zygot) ثم تنقسم وتتمايز لتكوين الكائن الجديد.

فهناك أساس وراثي ثابت يمكن تلخيصه بـ:

1- تكون الأعراس: والتي هي الأساس المادي للوراثة.

2- الإخصاب: أي اتحاد الأعراس المذكرة مع المؤنثة.

فالتكاثر الجنسي هو المسؤول عن تتالي طورين هما:

الطور الأحادي (Haploid) حيث تحتوي الخلية على (1n) من عدد المورثات والتي تتكون من الانقسام الاختزالي والطور الثنائي (Diploid) والذي يتكون بفضل الإخصاب.

فالإخصاب هو التقاء خليتين أحادية الصبغيات (1n) تأتيان من فردين تابعين لنوع واحد أحدهما مذكر والآخر مؤنث لتواجد مادتاهما الوراثيتان في خلية واحدة(2n) فالإخصاب يؤدي إلى جمع نسختين من كل صنف من الصبغيات الأساسية في خلية واحدة نسخة من الأب والثانية من الأم.

علم الخلية (Cytology) : تتكون الخلية من قسمين رئيسيين هما:

1- السيتوبلازم Cytoplasm: وهي عبارة عن سائل لزج غير متجانس تحتوي على مكونات الخلية (الميتاكوندريا، البلاستيدات الخضراء والملونة وعديمة اللون، الجسيمات الصانعة).

2- النواة: Nuclear: وتحتوي على:

- الكروموزومات الحاملة للمادة الوراثية أو الجينات والتي تتواجد في أزواج متماثلة.
- النوية والتي تحتوي على نسبة عالية من الـ RNA.
- السائل النووي: وهو سائل شفاف يتكون من مادة بروتوبلازمية معقدة.

تحاط النواة بغشاء نووي.

أما عن التنظيم التركيبي للأحماض النووية والكروموزومات:

الكروموزومات أجسام أسطوانية تختلف عن بعضها ضمن النوع الواحد باختلاف موقع الجسيم المركزي (السنترومير) على الكروموزوم حيث قد يكون موقعه في الوسط أو في الطرف.

والسنترومير من أهم المناطق على الكروموزوم حيث تفصل الكروموزومات بخيوط المغزل عن طريق السنترومير.

ان عدد الكروموزومات ثابت ضمن النوع الواحد ويختلف هذا العدد من نوع لآخر ويمكن أن نعرض في الجدول التالي العدد الصبغي لبعض الأنواع الحية.

جدول يبين العدد الصبغي لبعض الأنواع الحية

الاسم العربي	الاسم الإنكليزي	الاسم العلمي	عدد الكروموزومات (2n)
بازلاء الزهور	Garden pea	*Pisum sativum*	14
الذرة الصفراء	Maize (Corn)	*Zea mays*	20
قمح الخبز	Bread wheat	*Triticum aestivum*	42
الشعير	Barley	*Hordum vulgare*	14
الذرة البيضاء	Sorghum	*Sorghum vulgare*	20
الرز	Rice	*Oryza sativa*	24
القطن	Cotton	*Gossypium barbadense*	52
البندورة	Tomato	*Lecopersicon esculentum*	24
التبغ	Tobacco	*Nicotina tobacum*	48
البصل	Onion	*Allium cepa*	16
البطيخ الأصفر	Water melon	*Citrulus vulgaris*	22
الانسان	Man	*Homo sapiens*	46
الكلب	Dog	*Canis famillaris*	78
القطة	Cat	*Felis domesticus*	38
الحصان	Horse	*Equus calibus*	54
دودة الحرير	Silk worm	*Bomyx mori*	56
النحل	Honey bee	*Apis indica*	16 ،32
ذبابة الفاكهة	Fruit fly	*Drosophila melanogaster*	8

التركيب الكيميائي للأحماض النووية:

يوجد نوعان من الأحماض النووية:

RNA : Ribo Nucleic Acid

DNA : Deoxyribo Nucleic Acid

يبين التحليل الكامل للأحماض النووية بنوعيها DNA وRNA بأنها تتكون من القواعد النتروجينية والسكر الخماسي وحامض الفوسفوريك.

1- القواعد النتروجينية وتتكون من نوعين:

قواعد نتروجينية بيورونية (Purines) وتتألف من الأدينين A والغوانين G

قواعد نتروجينية بيريميدينية (Pyrimidins) وتتألف من السيتوزين C والتايمين T واليوراسيل U

2- **حمض الفوسفوريك PO_4**

3- السكر الخماسي: وهو نوعين:

سكر خماسي Ribos وسكر خماسي منقوص الأوكسجين Deoxyribos.

إنَّ ارتباط قاعدة نتروجينية + حمض الفوسفوريك + سكر خماسي = نيوكليوتيد

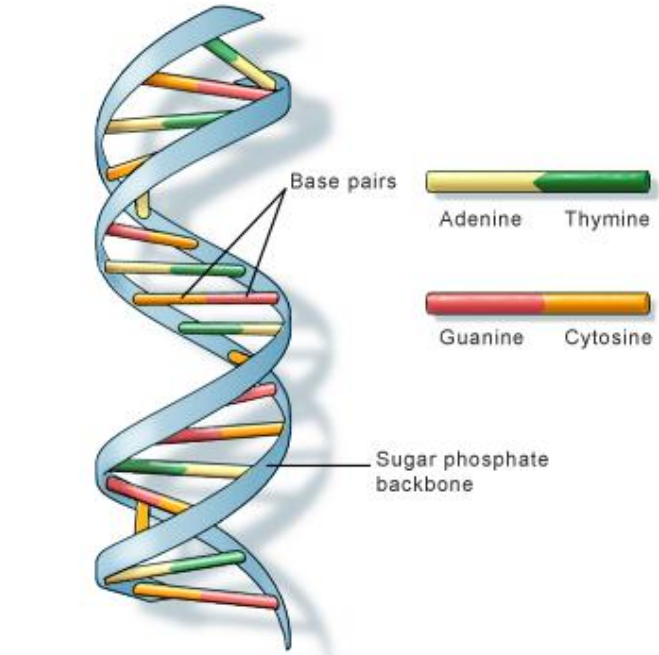
وتكون القواعد الآزوتية (أدنين A، غوانين G، ستوزين C، تايمينT) في DNA

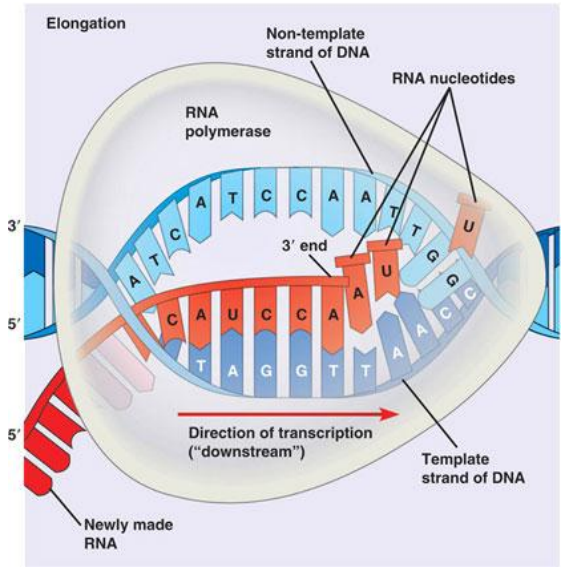
بينما القواعد (أدنين A، غوانين G، ستوزين C، يوراسيلU) تكون في RNA

يتواجد حمض DNA في النواة وتتكون بنيته من سلسلتين متوازيتين يتصلان ببعضهما بروابط هيدروجينية ضعيفة تتكسر عند عملية الانقسام. تلتف السلاسل حول بعضهما لتشكل حلزوناً يتقابل G مع C وA مع T. فإذا كان تتابع القواعد على السلسلة الأولى ATCGA تكون السلسلة الثانية TAGCT أي أن معرفة تتابع قواعد أحد السلسلتين يكفي لاستنتاج تسلسل القواعد في السلسلة الثانية. أما حمض RNA فإنه يتواجد في السيتوبلازما ويتكون من أربعة أنواع من القواعد النتروجينية A وU وG وC ترتبط ببعضها بروابط فوسفورية.

ويمكن توضيح الفرق بين RNA وDNA

	RNA	DNA
مكان التواجد	يتواجد في السيتوبلازما	يتواجد في النواة
عدد السلاسل	سلسلة	سلسلتين
نوع السكر	سكر ريبوزي	سكر رايبوزي منقوص الأكسجين
القواعد الآزوتية	AGCU	AGCT





التركيب الكيميائي للحمض النووي DNA

الملخص:

يعتمد تركيب الحامض النووي على ما يحتويه مكونه النيوكليوتيدي من الفوسفات والسكر والقواعد العضوية.

فعندما يكون السكر رايبوز يكون البوليمر RNA

وعندما يكون السكر رايبوز منقوص الأوكسجين يكون البوليمر DNA

ويمكن أن يكون للجزيء أي تسلسل من القواعد.

ويكمن الدليل الوراثي للحامض النووي في عدد نيوكليوتيداتة ونوعها وتسلسلها وتختلف الأحماض النووية من الكائنات المختلفة في مثل الدليل الوراثي.

تقترن القاعدة A مع T و G مع C

الصبغيات:

المكون الرئيسي لها هو حمض الديزوكسي رايبو نيوكليك DNA ويتكون كل صبغي من سلسلتين كل سلسلة تسمى كروماتيد ترتبط مع بعضها بروابط هيدروجينية.

المورث: gene

إن المورثات هي الوحدات التي تؤلف المادة الوراثية وتتحكم في صفات الكائن.

إن الخلية ثنائية الصبغيات تحتوي على نظيرين من كل مورث وإن كل نظير يعمل بصورة مستقلة عن الآخر.

العبور الوراثي: يعرف بأنه جمع طرازين وراثين genotypes أبويين في خلية وعودتهما للانفصال ثانية والذي يؤدي إلى ظهور طرز وراثية مغايرة للأبويين كأن ينتقل جزء أو عامل وراثي من كروماتيد إلى آخر عند نقاط التماس والتي تسمى الكيازما.

خصائص المورثات:

1- المورثات هي الوحدات الأساسية المسؤولة عن توريث الصفات وتتوضع على الصبغيات.
2- مكان المورث ثابت لايتغير على الصبغي.
3- المورث الواحد مسؤول عن توريث صفة واحدة.
4- يمكن معرفة دور المورث عن طريق احداث طفرات فيه وايجاد نظائر متنحية منه.
5- لكل كائن حي عدد معين من الصبغيات (الجدول السابق)
6- يمكن تمييز الصبغيات حسب طول الصبغي وموقع السنترومير (المنطقة المركزية).

الجلسة العملية الثانية

انقسام الخلية: هذه العملية ضرورية للنمو والتكاثر والتي يحدث خلالها انتقال العوامل الوراثية من الخلايا المنقسمة إلى الخلايا الناتجة عن الانقسام. وهناك نوعين من الانقسام في الكائنات الراقية وهي:

أولاً- الانقسام الميتوزي (غير المباشر) Mitosis

وهو وسيلة الانقسام الوحيدة للتكاثر اللاجنسي في النباتات الراقية وهو لا يحدث أي تغيير وراثي في الخلايا الناتجة من الانقسام لهذا فإن جميع خلايا الفرد متماثلة وراثياً ومماثلة للخلايا الأم.

خطوات الانقسام غير المباشر:

1- **الطور التمهيدي:** Prophase: تظهر الكروموزومات على شكل خيوط رفيعة منشقة طولياً وملتفة حول بعضها في النواة وكل كروموزوم منشق إلى كروماتيدتين ترتبط مع بعضها بواسطة النقطة المركزية (Centromere) . يزداد انكماش الكروموزومات حتى تظهر مثل الاسطوانة في نهاية هذا الطور. ثم يختفي الغشاء النووي وترتب الكرموزومات نفسها في وسط الخلية.

2- **الطور الاستوائي:** Metaphase

يبدأ من ظهور المغزل عند طرفي الخلية ثم ترتب الكرموزومات نفسها على خيوط المغزل ويكون اتصالها بالمغزل عن طريق السنترومير.

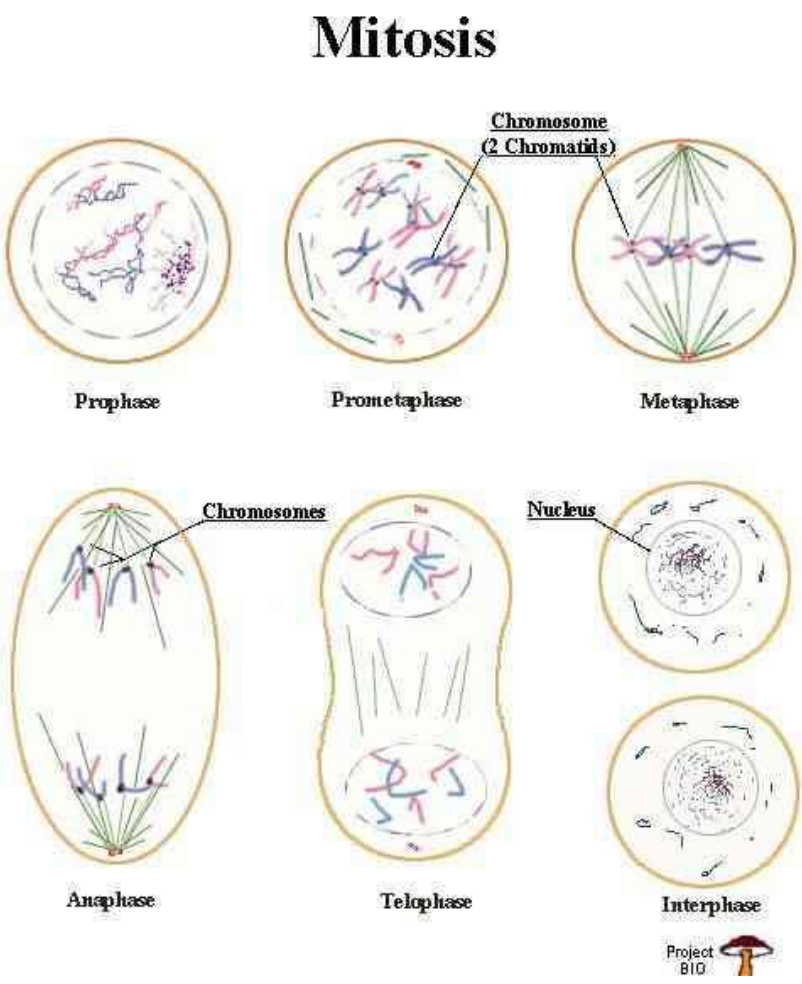
3- الطور الانفصالي: ينشق كل سنترومير طولياً ثم تبدأ السنتروميرات الشقيقة بالابتعاد عن بعضها كل ساحباً معه كرماتيدته ويتكون نتيجة لذلك صبغيين متشابهين وهنا يصبح في الخلية عدد مضاعف من الصبغيات.

ويؤدي ذلك إلى انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما وذهاب كل كروماتيدة إلى القطب المضاد.

4- **الطور النهائي:** Telophase:

يبدأ الدور بمجرد وصول الكروماتيدتين إلى قطبي الخلية فتبدأ بالتغير من الحالة التي كانت عليها إلى حالة خيطيه رفيعة طويلة ويتكون الغشاء النووي حولها. ثم تنقسم السيتوبلازما بتكون الصفيحة الوسطى ويختفي المغزل. ثم تدخل الخلية في الطور البيني (Interphase) قبل الابتداء في انقسام ميتوزي آخر.

5- الطـور البينـي (Interphase): تقـوم الخليـة بتمثيـل مختلـف الأحمـاض النوويـة الرايبوزية (RNA) اللازمة لتمثيل البروتين. يضاعف DNA نفسه وبانتهاء هذه المرحلة تدخل الخلية في انقسام ميتوزي آخر.



ثانياً- الانقسام الاختزالي: Meiosis

يحدث في الكائنات الراقية عند تكوين الأعراس التي تحتوي على نصف العدد من الصبغيات.

ويعتبر هذا النوع من الانقسام الأساس في عملية التكاثر الجنسي ولابد من الإلمام به لفهم كثير من الأمور التي تبنى عليها قواعد توارث الصفات. وهو يشمل انقسامين متتالين لنواة الخلية.

الأول اختزالي وينتج منه خليتان تحتويان على نصف العدد من الصبغيات.

والثاني: ميتوزي يؤدي إلى مضاعفة عدد الخلايا الناتجة من الانقسام الأول دون أن يؤثر في عدد الصبغيات.

يسمى الانقسام غير المباشر الأول الانقسام متباين الطراز والانقسام غير المباشر الثاني الانقسام متماثل الطراز (لا يختلف عن الانقسام غير المباشر)

أما الانقسام متباين الطراز فهو مختلف جداً لأنه يؤدي إلى فصل الصبغيات المتشابهة ويتم خلال الطور التمهيدي.

1- **الطور القلادي:Leptoene**: تظهر الصبغيات على شكل خيوط رفيعة غير منشقة طولياً وموزعة في النواة بدون نظام. ولكل صبغي شبيه (في الذرة عشرة أزواج) وفي الإنسان 23 زوج (يمكن أن يحدث تضاعف DNA)

2- **الطور التزاوجي الثنائي: Zygotene** تجتمع الصبغيات المتماثلة (في الانقسام غير المباشر لا يحدث تجاذب الصبغيات المتشابهة) حتى يصبحا زوجاً واحداً وتعرف هذه الظاهرة بالاقتران أو التشابك (Synapses).

3- **الطور الضام: Pachytene** تتضاعف الصبغيات بانشطار كل منها طولياً إلى كروماتيدتين شقيقتان تبغيان متصلتان في النقطة المركزية أو السنترومير. وبذا تكون كل وحدة ثنائية الكروموزومات مكونة من أربعة كروماتيدات كل اثنين متصلين بسنترومير واحد.

4- **الطور الانفراجي: Dipltene**-يتنافر الكروموزومات المتماثلان في الوحدة الثنائية الكروموزوم عن بعضهما.

5- **الطور التشتتيDiakinesis**: تظهر الوحدات الثنائية الكروموزوم أقصر وأسمك ومنتشرة في السائل النووي.

ب- طور الوضع المتوسط الأول: يتحلل الغشاء النووي والنوية ويختفيان وتتحرك الوحدات الثنائية الكروموزوم نحو المحور الوسطي للخلية.

ج- **الطـور الانفصـالي الأول:** تنفصـل كـل كروماتيـدتين شـقيقتين عـن الكروماتيـدتين الأخريين في الوحدة الثنائية الكروموزوم. وتتجه السنتروميرات نحو القطبين المتضادين. وتعرف كل كروماتيدتين متصلتين بسنترومير واحد باسم وحدة ثنائية الكروموزوم ويؤدي ذلك إلى اختزال عدد الكروموزومات إلى قطبي الخلية وتبدأ الكروموزومات في فقدان الشكل الذي كانت عليه حيث تنفرد الخيوط وتظهر النوية والغشاء النووي.

د- الطور النهائي الأول:

هـ- الطور البيني: تتحول الكروموزومات إلى الشكل المعروف في السكون الكروموزومي وفي ذوات الفلقة الواحدة تنقسم الخلية إلى خليتين ملتصقتين ببعضهما ولكن ربما لا يحدث الانقسام السيتوبلازمي مع بقاء النواتين الجديدتين في قطبي الخلية

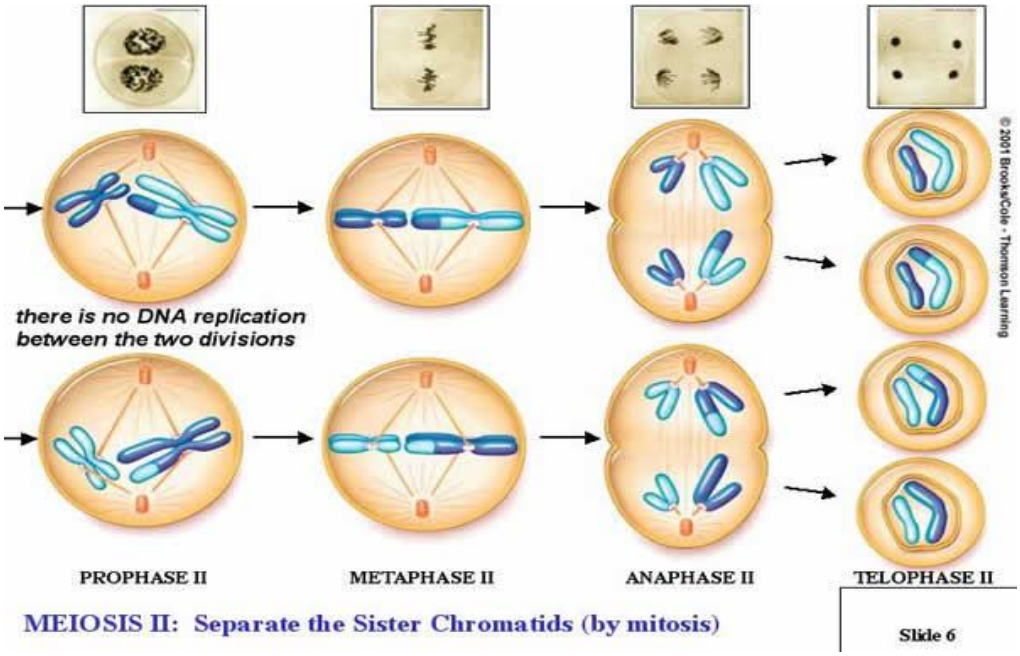
ثانياً- الانقسام الميوزي الثاني:

أ- **الطـور التمهيـدي الثـاني:** تظهـر الوحـدات الثنائيـة الكروماتيـدة طويلـة نوعـاً. تـنكمش تدريجياً ويظهر تنافر واضح بين كروماتيدتي كل وحدة ثم تختفي النوية والغشاء.

ب- **طـور الوضـع المتوسـط الثـاني:** يظهـر المغزل ثـم تترتـب الوحـدات الثنائيـة الكروماتيـدة فيوسط المغزل وفي نهاية هذا الدور ينشق السنترومير طولياً.

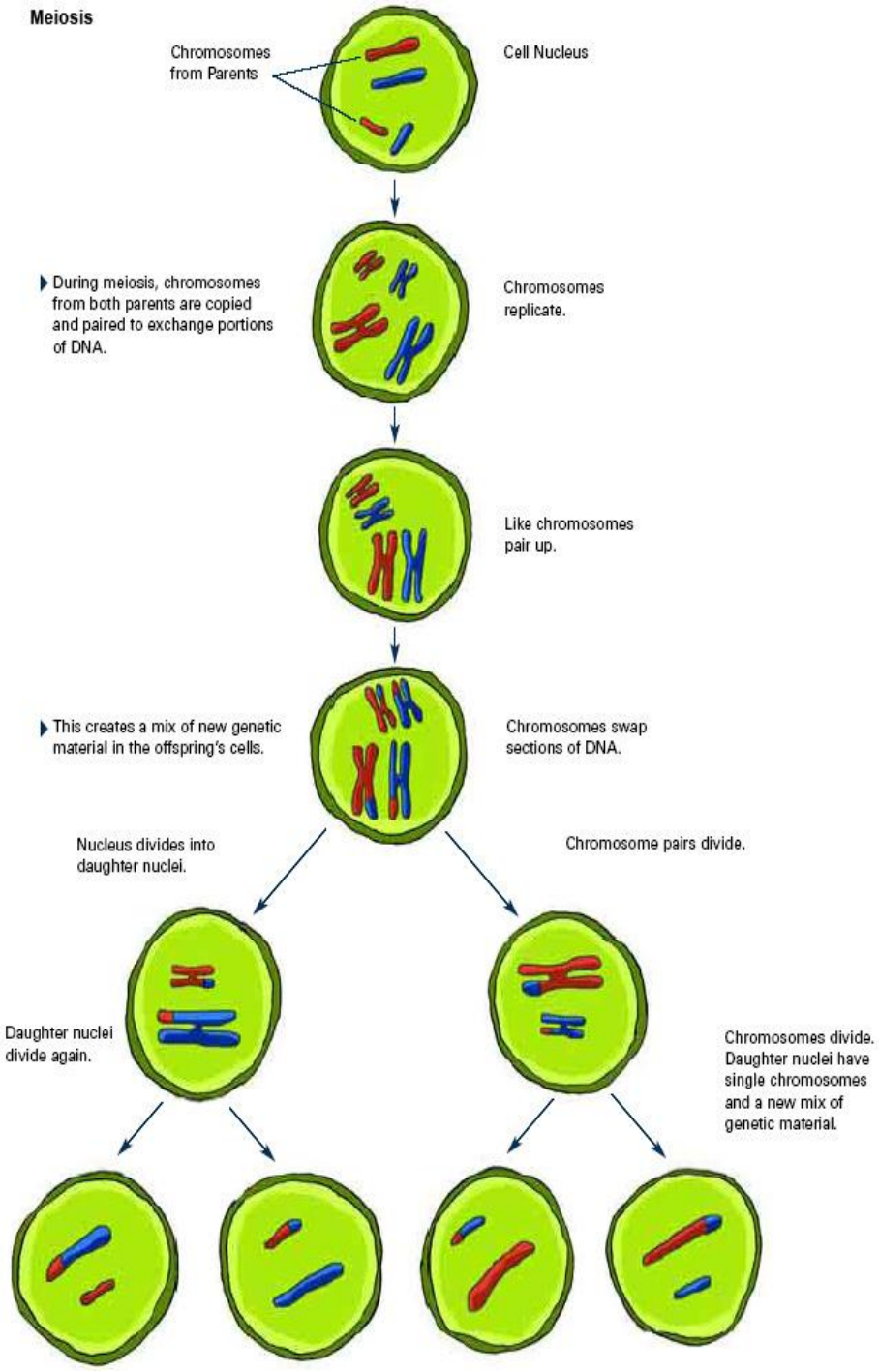
ت- **الطـور الانفصـالي الثـاني:** تنفصـل كروماتيـدة كل وحـدة ثنائيـة الكروماتيـدة ويتجـه كل سنترومير إلى القطب المضاد ساحباً معه كروماتيدة واحدة تصبح بعد ذلك كرموزوماً. وبذلك يتم توزيع الكروماتيدات الأربعة التي كانت موجودة في الوحدات الثنائية.

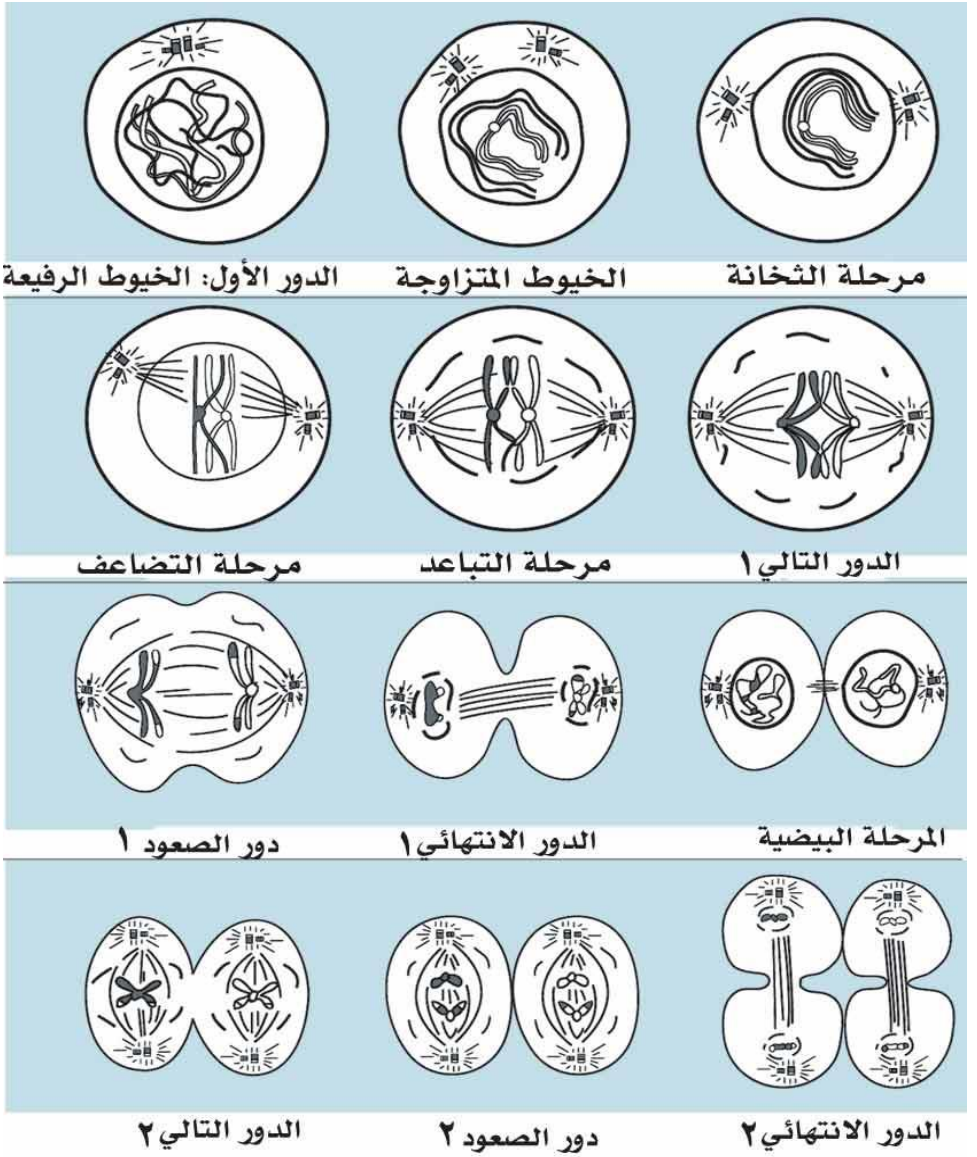
ث- **الطـور النهـائي:** تفقد الكروموزومـات الخاصـية التـي كانـت لهـا ويظهـر الغشـاء النـووي والنوية وبذلك تتكون أربعة نوايا جديدة تملك العدد الأحادي من الكروموزومات ويحدث الانقسام الاختزالي وتتكون أربعة خلايا كل منها تسمى بوغة.



MEIOSIS II: Separate the Sister Chromatids (by mitosis)

Slide 6


Meiosis
Chromosomes from Parents
Cell Nucleus
During meiosis, chromosomes from both parents are copied and paired to exchange portions of DNA.
Chromosomes replicate.
Like chromosomes pair up.
This creates a mix of new genetic material in the offspring's cells.
Chromosomes swap sections of DNA.
Nucleus divides into daughter nuclei.
Chromosome pairs divide.
Daughter nuclei divide again.
Chromosomes divide. Daughter nuclei have single chromosomes and a new mix of genetic material.



الشكل (٤)

شكل تخطيطي يمثل الانقسام المنصف المتضمن انقسامين متتابعين تنقسم فيهما الصبغيات مرة واحدة فتشكل أربع عرائس مختزلة (صبغياً) ومتخلفة وراثياً

ولتوضيح الانقسام الاختزالي نورد دورة حياة الذرة الصفراء:

ثانياً – دورة الحياة في الذرة الصفراء: الذرة الصفراء تستخدم للدراسة الوراثية بسبب:

1- أعضاء التكاثر منفصلة إذ أن هناك أزهار مذكرة في قمة النبات وأزهار مؤنثة في ابط الأوراق يسمى العرنوس فهو نبات وحيد الجنس وحيدة المسكن (Monoecious).

2- العرنوس يحمل الكثير من الحبوب والتي تسهل دراستها.

تنقسم العديد من الخلايا داخل الأعضاء الذكرية (المآبر) اختزالياً وينتهي كل منها بتشكيل أربع خلايا (microspores) أحادية الصبغيات تسمى حبوب اللقاح.

تتكون البويضات داخل مبايض الأزهار الأنثى على العرنوس ينتهي كل منها بميسم. وتتحول خلية واحدة من كل مبيض إلى خلية أم (megasporocyte) تنقسم اختزالياً معطية أربع نوى ينشأ عنها أربع خلايا ثلاثة منها تضمحل وتبقى خلية واحدة أحادية الصبغيات هي البويضة (megaspore). وتتطور الخلايا الجنسية إلى الطور العروسي Gamytophyte أي إلى أفراد أحادية الصيغة الصبغية كالتالي:

تنقسم نواة حبة الطلع أول انقسام غير مباشر لتعطي نواتين مختلفتين فيسيولوجياً أحدهما نواة خضرية لن تنقسم ثانية والأخرى نواة جنسية تنقسم انقساماً غير مباشر للمرة الثانية لتتكون حبة اللقاح في مرحلة النضج من عروس ثلاثية النوى. أما فيما يتعلق بنواة البويضة فإنها تنقسم ثلاث مرات متتالية انقساماً مباشراً مؤدية لتكون ثمانية نوى أحادية الصبغيات داخل خلية كبيرة تسمى الكيس الجنيني Embryo sac في المرحلة التالية وتبقى النواتين الأخيرتين في وسط الكيس الجنيني جنباً إلى جنب وبذلك تتكون عروس أنثوية عديدة النوى.

الاخصاب: تنضج حبة اللقاح وتنتش على الميسم ويخرج منها أنبوبة اللقاح التي تخترق الميسم باتجاه البويضة وتخرج نواتا حبة اللقاح الجنسيتان مع القليل من السيتوبلازما من انبوبة اللقاح وتدخلان الكيس الجنيني. ولا يحدث انصهار سيتوبلازما حبة اللقاح وسيتوبلازما البويضة.

تتحد احدى نواتي حبة اللقاح مع إحدى خلايا قمة الكيس الجنيني والتي تسمى (Oospher) وتكونان بذلك اللاقحة التي تتطور إلى جنين بفضل الانقسامات المتتالية. أما النواة الثانية فإنها تنصهر مع نواتي الكيس الجنيني وينشأ عن ذلك نواة ثلاثية الصبغيات (3n) هي الخلية الأم المولدة للسويداء (Albumen).

فالإخصاب في الذرة الصفراء مضاعف ينتج عنه خليتين مخصبتين خلية ثنائية الصبغيات 2n تعطي الجنين وخلية ثلاثية الصبغيات 3n تعطي السويداء.

تمتاز حبة الذرة الصفراء بأن جدارها الخارجي أمي فقط حيث لا يشترك الأب في تكوينه ونشأ من تضخم جدار المبيض في حين أن السويداء والجنين لهما أصل مختلط.

أسئلة هامة:

س1- متى تحدث الظواهر التالية:

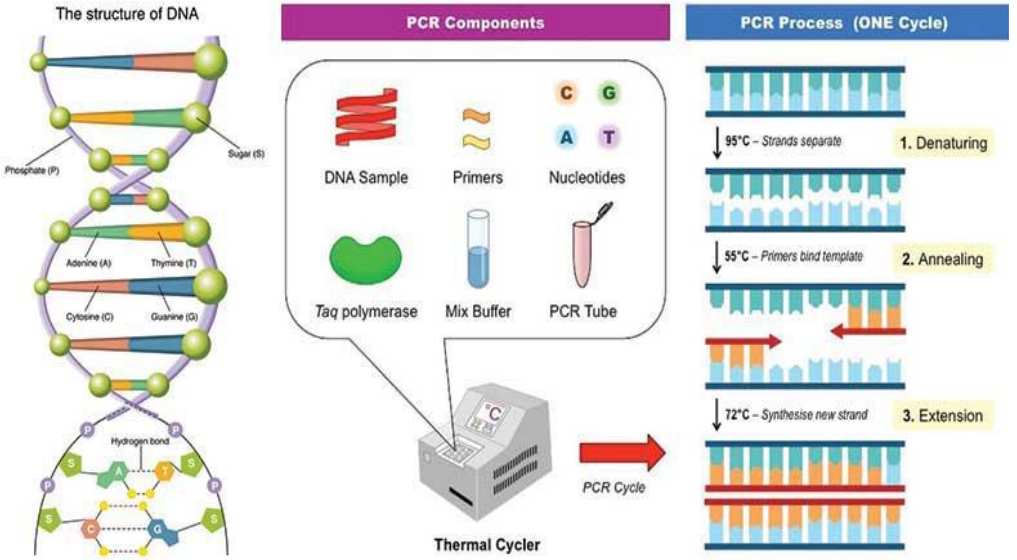
تضاعف الـDNA ، نشوء الكروماتيدتين الشقيقتين من كل صبغي، الكيازما، زوال النوية والغشاء النووي.

س2: مالمقصود بالإخصاب المضاعف في الكائنات الراقية.

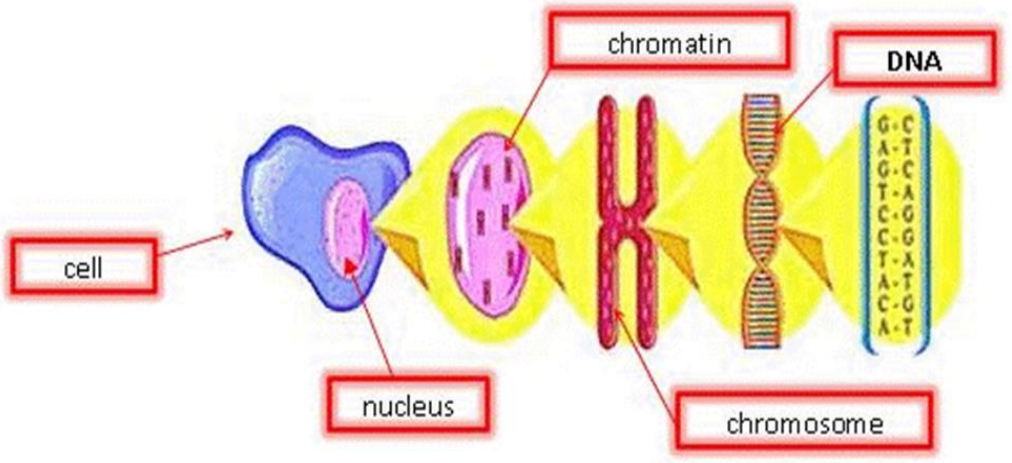
س3- ماالمقصود بالكيازما، العبور.

الجلسة العملية الثالثة

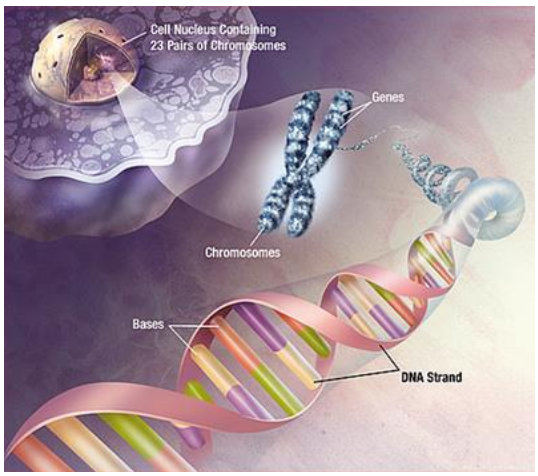
استخلاص المادة الوراثية: (DNA Extraction)



استخلاص DNA النقي من الخلية



الأساس العلمي للاستخلاص



1. تحليلRBC
2. تحليل الاغشية السايتوبلازمية والنووية
3. تنقية الاحماض النووية
4. تجميع الاحماض النووية

فصل الأحماض النووية من الخلايا النباتية:

Isolation Of Nucleic Acid

تعد عملية استخلاص الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DNA) من العمليات الضرورية للحصول عليه واستخدامه في الاختبارات الجزيئية والتحليلات الجنائية وان عملية الاستخلاص توفر ازالة الشوائب كالبروتينات والدهون وغيرها من الشوائب الكيميائية مهما يكن مصدر الاستخلاص(بكتريا ، خلايا نباتية)

خطوات الاستخلاص:

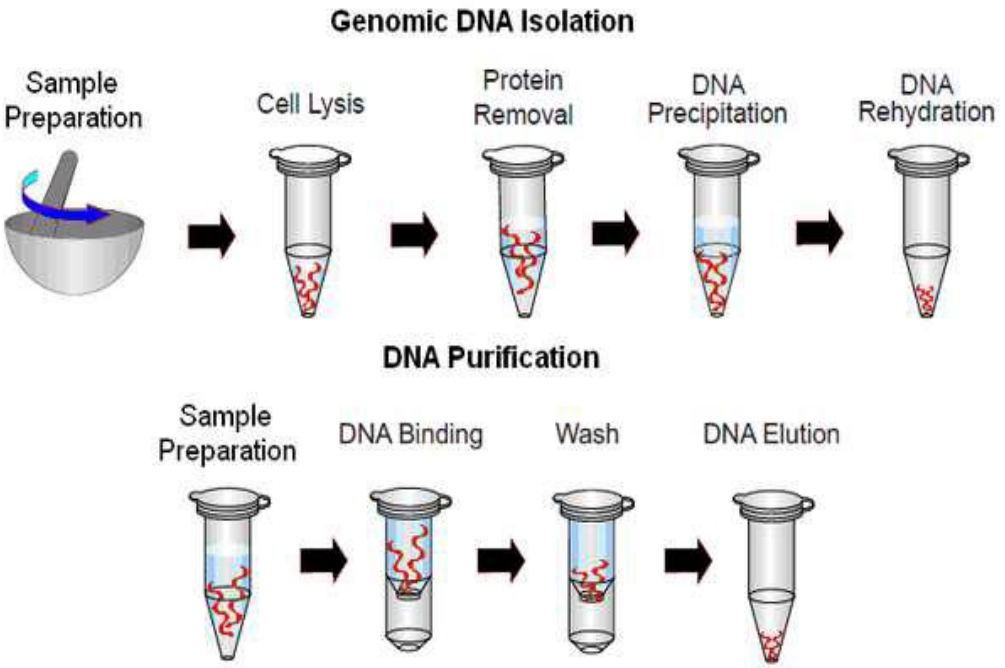
1- تحطيم الجدار الخلوي وتحليل الخلايا واخراج محتوياتها ويتم ذلك بالتبريد الفائق(بواسطة النتروجين السائل حيث يوفر درجة حرارة تقترب من – 190 درجة مؤوية.

2- تحليل الأنوية للخلايا.

3- اضافة محلل RNAase الذي يقوم بتحليل الحامض النووي الريبي (RNA) للتخلص منه كما يتم التخلص من البروتينات بواسطة الترسيب وهنا تستخدم مبيدات عضوية.

4- تنقية DNA من البروتينات والRNA بواسطة الكحول ويستخدم الايثانول المبرد او الايزوبروبانول المبرد.

5- حفظ الـ DNA في مكان مناسب في درجة حرارة (-20 درجة مؤوية)

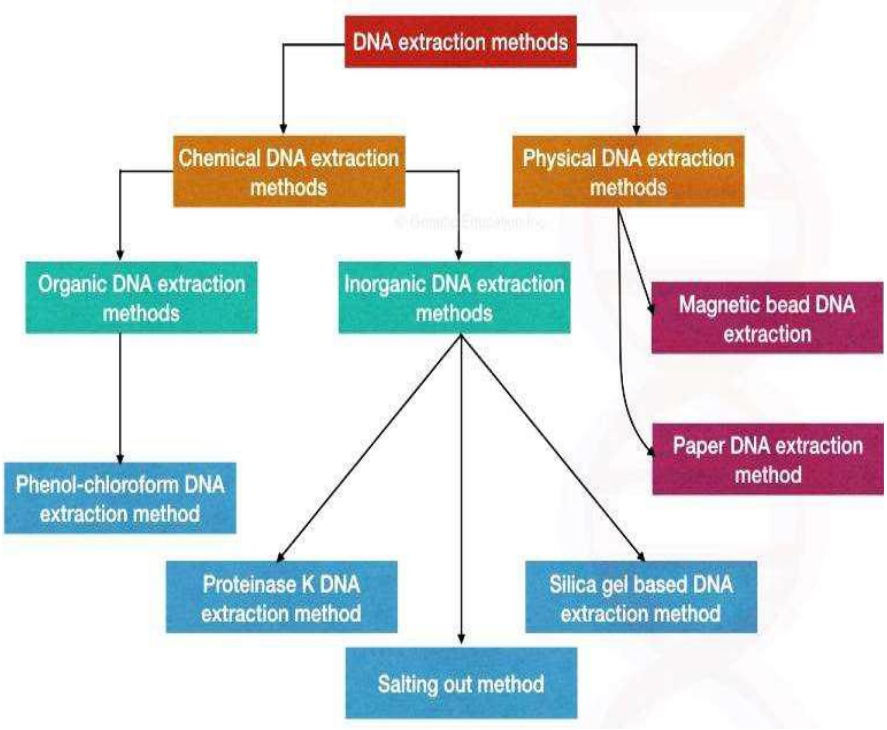


انواع طرق استخلاص الحمض النووي:

تقسم طرائق استخلاص الحمض النووي إلى فئتين:

1- طريقة استخلاص الحمض النووي باستخدام المواد الكيميائية .

2- استخلاص الحمض النووي بالطريقة الميكانيكية .



استخلاص الحامض النووي DNA من العينات النباتية

استخلاص DNA من العينات النباتية:

طريقة CTAB Cetyl Trimethyl Ammonium–Bromide

و تفاعل البلمرة المتسلسل

اعتمدت طريقة Roehrdan وآخرون (2009) باستخلاص الحامض النووي DNAمن حشرات واستنادا إلى توصيات الشركة المنتجة . (Promega) (الولايات المتحدة الامريكية وفقا لطريقة:

(Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide.(CTAB) الحامض النووي DNA والموضحة من قبل Schulenburg وآخرون(2001).

الأدوات

عينة بذور	طقم استخلاصDNA	تفاعل البلمرة المتسلسل
هاون و مدقة	نيتروجين سائل	ماصات دقيقة بملحقاتها
أنابيب دقيقة	الإيثانول المطلق(الثلج البارد70)	أنابيب دقيقة
جهاز طرد مركزي	٪ من الإيثانول(الثلج البارد)	جهازpcr
حمام مائي 55 م	7.5ام امونيوم أسيتات (او 7.5 M خلات الصوديوم)	
ماصات دقيقة عدة أحجام بملحقاتها	كلوروفورم :ايزو اميل الكحول (1 : 24)	
O.D كيوفيت كرستال او زجاج	ماء معقم	
جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer	TE puffer	
	محلول منظمCTAB buffer	

تحضير العينة النباتية:

يؤخذ 0.2 غرام من الاوراق النباتية الفتية والسليمة من الاصابات الحشرية والمرضية وتغسل عدة مرات بالماء المقطر المعقم، لتنظيفيها من الأتربة والعوالق ثم تعقم بالكحول بتركيز % 70 ، ثم تقطع إلى قطع صغيرة باستخدام مقص حاد نظيف معقم، وتوضع في هاون خزفي ويضاف إليها النتروجين السائل النتروجين بحذر لأضراره الشديدة عند ملامسة للجلد.

يتم طحن العينات بشكل جيد حتى تحولت إلى مسحوق ابيض، وحفظ المسحوق بحافظة حجم 10 مليلتر وتعلم بعلامات خاصة، ويجب غسل أدوات الطحن بعناية فائقة بالكلور بتركيز % 10 عند تكرار الطحن لكل صنف، وتحفظ العينات في المجمدة على إنها مُعدة للاستخلاص.

خطوات العمل:

خطوات استخلاص الحمض النووي ال DNA من النبات بطريقةCTAB

1- يؤخذ مقدار 100 ملغرام من المسحوق النباتي المعد مسبقاً ويوضع في أنبوب حجم 2 مليلتر ويرقم الأنبوب منعا لاختلاط العينات.
2- يضاف 800 مايكروليتر من محلول CTAB الى الانبوب وبرج جيداً حتى يمتزج المحلول بالعينة.
3- توضع العينات في حمام مائي بدرجة 65 درجة مؤوية لمدة نصف ساعة ويرج كل عشرة دقائق لفصل الدهون والبروتين.
4- يضاف لكل عينة 600 مايكروليتر من محلول (Chloroform : 24:1) Iso Amyl Alcohol بهدف فصل المواد الدهنية التي تذوب في المذيب العضوي الكلوروفورم عن الاحماض النووية التي تذوب في الوسط المائي.
5- توضع العينات في جهاز الطرد المركزي بسرعة 10000 دورة /دقيقة لمدة (10) دقائق.

6- بعد عملية الطرد المركزي ينقل الوسط المائي المحتوي على الاحماض النووية في الطبقة العليا من السائل بواسطة ماصة وبهدوء الى انابيب أبندروف سعة 1.5 مليلتر جديدة.

7- يضاف لكل عينة 600 مايكروليتر من كحول isopropanol المبرد ويمزج جيدا بهدوء داخل الانبوب ويوضع على درجة حرارة (-20° م) لمدة 20دقيقة لترسيب DNA.

8- توضع العينات في جهاز الطرد المركزي بسرعة 10000 دورة/دقيقة لمدة عشرة.

9- يتم التخلص من الكحول بحذر مع مراعاة الحفاظ علىDNA والذي يتجمع في قعر الانبوب . بعدها تترك العينات لتجف في الهواء لمدة 15 دقيقة.

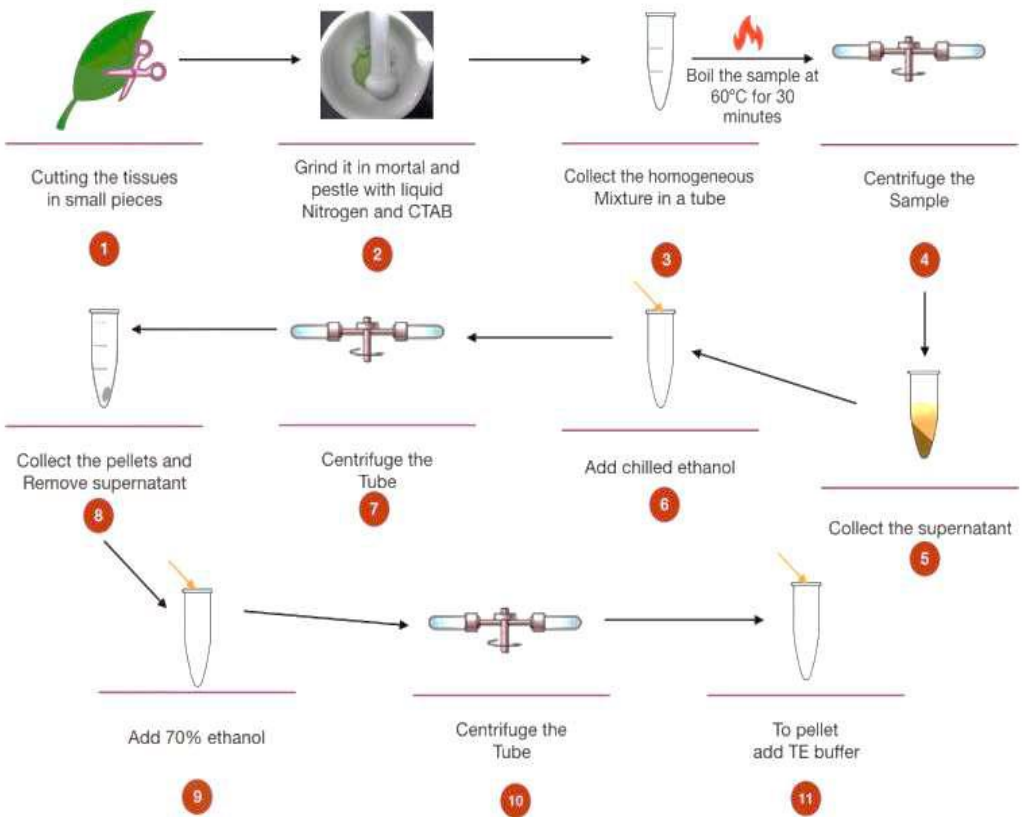
10- يضاف 100 مايكروليتر من اسيتات الأمونيوم (M5.2) ثم يضاف 700 مايكروليتر من كحول الايتانول المطلق وتمزج ببطء لترسيب الـDNA.

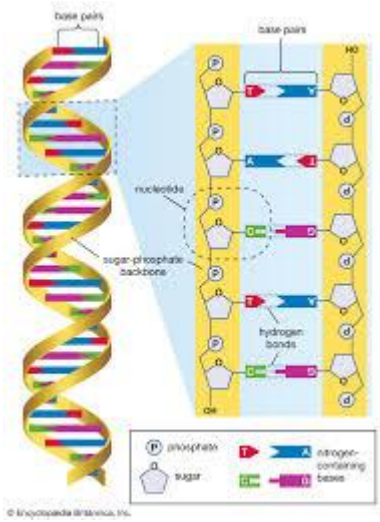
11- مرة اخرى توضع العينات بجهاز الطرد المركزي المبرد بسرعة 10000 دورة / دقيقة لمدة عشرة دقائق.

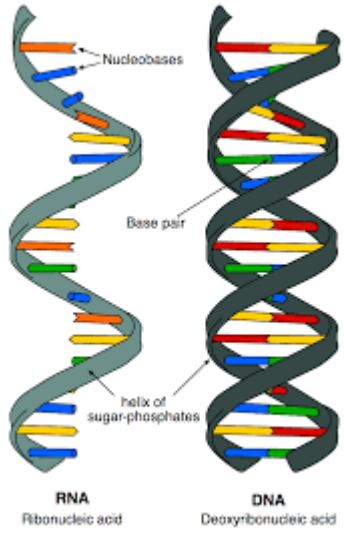
12- بعدها يتم التخلص من المحلول بحذر ويترك الراسب بعدها يتم الغسل بإضافة 600 مايكروليتر من كحول الايتيلي المبرد % 75 ويمزج بقلب الانبوب عدة مرات باليد.

13- بعد عملية الغسل تُطرد العينات بجهاز الطرد المركزي المبرد بسرعة 10000دورة / دقيقة لمدة خمسة دقائق، وتجفف الانابيب لمدة 30 دقيقة ويترك الراسب الذي يحوي DNA .

14- يضاف 100 مايكروليتر من الماء المقطرلكل عينة وتحفظ على حرارة 4°م وهي DNA.


Cutting the tissues in small pieces
1
Grind it in mortal and pestle with liquid Nitrogen and CTAB
2
Collect the homogeneous Mixture in a tube
3
Boil the sample at 60°C for 30 minutes
Centrifuge the Sample
4
Collect the supernatant
5
Add chilled ethanol
6
Centrifuge the Tube
7
Collect the pellets and Remove supernatant
8
Add 70% ethanol
9
Centrifuge the Tube
10
To pellet add TE buffer
11


base pairs
base pairs
nucleotide
sugar-phosphate backbone
hydrogen bonds
phosphate
sugar
nitrogen-containing bases


Nucleobases
Base pair
helix of sugar-phosphates
RNA
Ribonucleic acid
DNA
Deoxyribonucleic acid

الطرق المستعملة لقياس نقاوة DNA في العينة منها:

جهاز المطياف الضوئيspectrophotometer

تقاس نقاوة الأحماض النووية عند طول موجة 260 و280

260 = مقسمة على 280 وتسجل القراءة

طريقة العمل:

1- يصفر الجهاز بواسطة المحلول المنظم المستخدم في حفظ محلول الاحماض النووية المرسب بوضن 1 مل منه لوحده في. cuvette

2- تغسل الكيوفيت بالماء المقطر وتوضن 1 مل من محلول الاحماض النووية المراد قياسه وتقاس الامتصاصية على 280 ثم تقاس على. 260

3 -لمعرفة تقدير نقاوة ال DNA في المحلول تطبق المعادلة:

تقدير نقاوة الDNA

$$\text{Purity of DNA} = \frac{\text{O.D } 260}{\text{O.D } 280} \geq 1.8$$

أي تحسب امتصاصية عينة ال DNA عند الطول الموجي 260 نانوميتر ثم تحسب الامتصاصية للعينة نفسها عند طول الموجة 280 نانوميتر وبعد قسمة الامتصاصية الاولى على الثانية يجب ان يكون الناتج اكبر من او يساوي 1.8 واذا كان اقل فهذا يعني ان العينة غير نقية وتحتاج تنقية او اعادة استخلاص.

الجلسة العملية الرابعة

بعض المفاهيم الإحصائية

قوانين الاحتمال (Probability)

الاحتمال: هو التنبؤ عن نسبة وقوع حدث ما. وتعتمد المبادئ الوراثية على النتائج التي توصلت إليها الكثير من التجارب المنفذة بشكل عشوائي.

إن أكثر الأمثلة استعمالاً هي قطعة النقود فاحتمال ظهور النقش هو ½ وظهور الرسم هو ½ أيضاً.

المبادئ الأساسية للاحتمال:

هناك مبدأين أساسيين للاحتمال هما:

المبدأ الأول: الحدث البسيط (الحدث المستقل):

أي أن احتمال ظهور حدث ما لا يؤثر على ظهور الحدث الآخر.

فاحتمال ولادة ذكر هو ½ واحتمال ظهور أنثى هو ½ فولادة الذكور في كل مرة لا يؤثر على نتيجة الاحتمال في المرة القادمة فلو ولد ثلاث مرات ذكور فيبقى احتمال ظهوره في المرة الرابعة هو ½ أي يبقى احتمال ولادة ذكر هو ½ و أنثى هو ½ أيضاً وذلك لأن الحوادث مستقلة.

ويمكن تمثيل هذا المبدأ رياضياً كما يلي:

إذ كان احتمال ظهور الحدث أي نجاحه (p) واحتمال فشله (q)

$p=p/(p+q)$

$q= q/(p+q)$

مجموع احتمالات (الفشل والنجاح) = 1

أي $p+q=1$

احتمال النجاح = 1− احتمال الفشل

احتمال الفشل = 1− احتمال النجاح

فإذا كان احتمال النجاح مؤكداً فيكون احتمال الفشل = 0

P=1-q أي 1−0 =1

وإذا كان احتمال الفشل مؤكداً فيكون احتمال النجاح 0

q=1-p أي 1−0 =1

أمثلة:

مثال1– عند قذف قطعة النقود يكون احتمال ظهور الوجه = ½ واحتمال فشله = ½

مثال 2– احتمال الحصول على أي وجه من حجر النرد = 6/1 فاحتمال ظهور الرقم 2 هو 6/1 كذلك احتمال ظهور الرقم 3 هو 6/1 .

مثال 3– إذا زرعت بذرة أخذت من التلقيح الذاتي لنبات خليط Aa فإن هذه البذرة تكون أحد التراكيب الوراثية الأربعة الناتجة عن الإخصاب هي (aa, Aa, Aa, AA) وفي حال وجود السيادة يكون ثلاثة من هذه التراكيب الوراثية ذات شكل مظهري واحد والرابع يمثل التركيب المتنحى.

فاحتمال ظهور الشكل المظهري السائد ¾ والشكل المتنحي ¼

المبدأ الثاني: احتمال الحدث المركب:

أي أن نتيجة وقوع حدثين مستقلين بآن واحد يساوي جداء الحدث الأول في احتمال الحدث الثاني.

وهناك نظريتين للحدث المركب هما:

1– **نظرية جمع الاحتمالات** : وتستخدم عند وجود أحداث متنافية الوقوع.

أي إذا وجد حدثان أو أكثر بحيث إذا وقع أحدهما منع وقوع الحدث الآخر أو الأحداث الأخرى أي لايمكن أن يقع الحدثان بنفس الوقت فاحتمال الحدث المركب في هذه الحالة يساوي مجموع احتمالات الأحداث البسيطة.

س= س1+س2+س3.....+ س ن

فاحتمال ظهور العدد 2 في حجر النرد هو 6/1 وظهور العدد 3 هو 6/1 وظهور العدد 5 هو 6/1

فاحتمال ظهور الأعداد 2 و3 و5 بآن واحد هو 6/1 + 6/1 + 6/1 = 6/3 = ½

أما احتمال ظهور الأعداد 1 و2 و3 و4 و5 و6 هو:

6/1 + 6/1 + 6/1 + 6/1 + 6/1 + 6/1 = 6/6 = 1 وهي القيمة مؤكدة الوقوع.

2– نظرية ضرب الاحتمالات: عند وجود أحداث مستقلة الوقوع.

أي وقوع حدث لا يؤثر على وقوع الحدث الثاني. وفي هذه الحالة يكون:

س= س1 × س2 × س3 ×.....س ن

مثال: فما هو احتمال ظهور العدد 3 في قطعة نرد مع العدد 5 في قطعة النرد الأخرى؟

$$36/1 = 6/1 \times 6/1$$

ونلاحظ أن درجة الاحتمال قليلة جداً في حالة الأحداث مستقلة الوقوع مقارنة مع الأحداث متنافية الوقوع.

مثال: إذا كان انعزال صفة لون الحبوب في نبات بازلاء الزهور هو ¾ أصفر و ¼ أخضر واحتمال ظهور بذار ملساء ¾ وبذار مجعدة ¼ فما هو احتمال ظهور صفتي اللون وشكل البذار معاً.

نلاحظ أن هذين الصفتين مستقلتين وإن ظهور أحدها لا يؤثر على ظهور الصفة الأخرى لذلك:

احتمال ظهور بذار ملساء صفراء هو: ¾ × ¾ = 16/9

احتمال ظهور بذار ملساء خضراء هو: ¾ × ¼ = 16/3

احتمال ظهور بذار مجعدة خضراء هو: ¼ × ¼ = 16/1

بعض المقاييس الإحصائية:

المتوسط الحسابي: Average يمكن حسابه عن طريق جمع قيم الأفراد وتقسيمها على عدد الأفراد (n)

الانحراف المعياري (Standard deviation) للعينة: أحد مقاييس تشتت الأفراد عن المتوسط الحسابي.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})_2}{n-1}}$$

الخطأ القياسي: Standard error

هو عبارة عن الانحراف المعياري لمتوسط العينات.

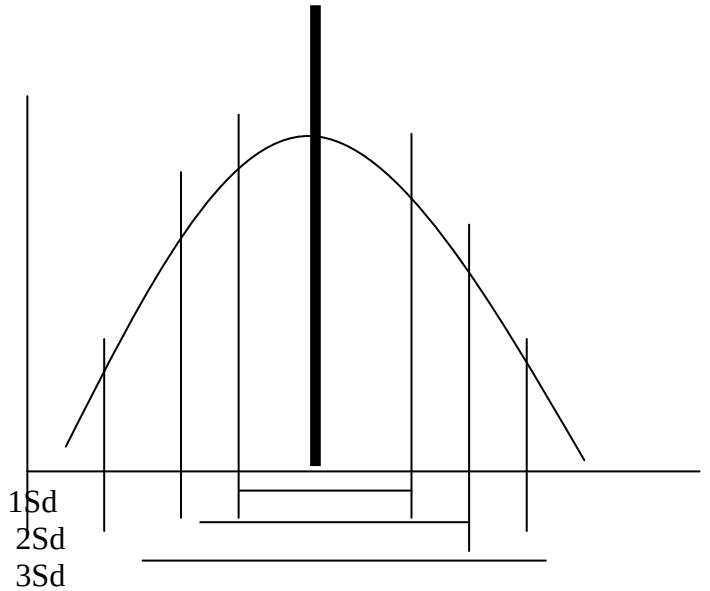
$$S\bar{d} = \frac{Sd}{\sqrt{n}}$$

معامل الاختلاف Coefficient of variation:

هو مقارنة مدى الاختلاف لعينات مختلفة ويحسب كنسبة مؤوية.

$$CV\% = \frac{Sd}{\bar{X}} \times 100$$

المنحنى الطبيعي (Normal carve)



يعرف التوزيع المنتظم للأفراد أو التوزيع الطبيعي Normal distribution حول متوسطها الحسابي بالمنحني الطبيعي **Normal carve** الذي يتخذ الشكل الناقوسي ويكون منتظماً يمتد إلى ما لانهاية من الناحيتين السلبية والايجابية بدون أن تلامس نهايتيه الاحداثي الأفقي. ويكون هناك تساوق حول المتوسط الحسابي الذي يقسم المنحني إلى قسمين متماثلين. ويمكن معرفة تباين الأفراد من شكل المنحني فتدل ضيق القمة والقاعدة على قلة الاختلافات بين الأفراد والعكس فإن القاعدة العريضة تدل على التباين الكبير بين الأفراد وبالتالي مدى تشتتها عن متوسطها الحسابي. إن أي قيمة على المنحني تدل على تكرار الأفراد فكلما ابتعدنا عن المتوسط وكلما زاد انفراج المنحني دل ذلك على قلة تكرار الأفراد في المجتمع. إن سحب أي عينة من المجتمع تكون إما أقل أو أكبر من المتوسط الحسابي وذلك بدرجة احتمال 50% لكلا الحالتين وبمعرفة قيمة الانحراف القياسي يمكن معرفة درجة احتمال وقوع إحدى القيم في المجال المحصور بين المتوسط الحسابي والانحراف القياسي أو خارجه.

وهناك مستويين للمعنوية يمكن أن نقبل أو نرفض من خلالها النظرية الفرضية في التجارب الزراعية أو ما يتعلق بالإنتاج الحيواني هي مستوى المعنوية 1% أو 5%. فعند مستوى 1% أي احتمال وقوع مشاهدة ما داخل مجال قدره ثلاثة انحرافات قياسية حول المتوسط هو 99% وعند مستوى المعنوية 5% أي احتمال وقوع مشاهدة ما داخل مجال قدره انحرافين قياسيين هو 95%.

أما مستويات المعنوي 50% و0.01% فهي قليلة الاستخدام في التجارب الزراعية لأنه في الأول قد تعزى بعض الأخطاء الناتجة عن الصدفة كأنها أخطاء حقيقية وفي الثانية (0.01%) يمكن أن نعزي بعض الفروق الحقيقية كأنها ناتجة عن الصدفة.

وحيث تقدر تشتت القيم عن متوسطها الحسابي بالانحراف القياسي فقد تم وضع العلاقة بين انحرافات القيم عن متوسطها الحسابي مقدراً بوحدات الانحراف القياسي والجزء من المنحني الطبيعي الذي يحصره المحور الذي يقام على مسافة تبعد عن المتوسط الحسابي بما يساوي انحراف الفرد من المتوسط الحسابي بوحدات الانحراف القياسي.

وقد وضع جدول للحصول مباشرة على درجة احتمال وقوع قيمة داخل أو خارج الحدود التي تحددها انحراف القيمة عن متوسطها الحسابي.

$\frac{X- \overline{X}}{\Delta}$	أي	$\frac{\text{انحراف القيمة عن المتوسط}}{\text{الانحراف القياسي}}$
المساحة ± انحراف قياسي واحد		تشغل مساحة 68%
المساحة ± انحرافين قياسيين		تشغل مساحة 95%
المساحة ± ثلاثة انحرافات قياسية		تشغل مساحة 99%

الجلسة العملية الخامسة

الهجونة

الهجونة الأحادية والثنائية والمتعددة

The Mendlian Genetic

ارتبط علم الوراثة بشكل رئيسي باسم العالم Gryegor Johan Mendel .والذي وفق باستخدام نبات بازلاء الزهور (*Pisum sativum*) كونه نباتاً حولياً يمكن تنميته وتهجينه بسهولة وسرعة مع وضوح صفاته فضلاً عن حمله لأزهار كاملة تحوي أعضاء التأنيث والتذكير. ويوجد من هذا النبات عدد كبير من السلالات والتي تختلف عن بعضها في صفة أو أكثر من صفاتها المظهرية وقد بدأ مندل تجاربه بتهجين السلالة الطويلة مع القصيرة وذات الفلقة الصفراء بذات الفلقة الخضراء فوجد أن جميع أفراد الجيل الأول طويلة الساق ذات فلقات صفراء وعندما ترك النباتات تتلقح ذاتياً وجد أن نسبة طويلة الساق كان ¾ كما أن نسبة الفلقات الصفراء كان ¾ أيضاً من النباتات وهذا يعني سيادة الطول على القصر واللون الأصفر على اللون الأخضر ثم تابع ماندل تجاربه باجراء التهجينات الكثيرة في الجيل الثاني والتهجينات الرجعية، ودرس تأثير العوامل البيئية كالتربة ودرجات الحرارة والضوء على صفات نبات البازلاء وهي :

الصفة	الصفة السائدة	الصفة المتنحية
ارتفاع ساق النبات	طويل	قصير
لون فلقتي البذرة	صفراء	خضراء
شكل البذرة	مستديرة	مجعدة
شكل القرن	منتفخة	محززة
لون القرن غير الناضجة	خضراء	صفراء
لون غلاف البذرة والأزهار	بيضاء	ملونة
موقع الزهرة على الساق	إبطيه	رأسية

وقد بدا ماندل بزراعة كل سلالة على حدة وتلقيحها ذاتياً لاختبار نقاوتها لمدة جيلين فوجد أن النسل الناتج يحمل صفات الآباء والذي يؤكد جدوى التلقيح الذاتي في حفظ نقاوة أو أصالة السلالة. والسلالة يمكن تعريفها بأنها مجموعة من النباتات المتشابهة في شكلها المظهري وفي تركيبها الوراثي وتعطي بالتزاوج فيما بينها نباتات لها نفس الصفات الموجودة لدى الآباء.

وقد استنتج ماندل ما يلي:

1- يتحكم في الصفة عاملان أحدهما سائد والآخر متنحي.

2- يمكن للنبات وراثة عاملين سائدين أو متنحيين أو عامل سائد وآخر متنحي.

3- تتوزع العوامل السائدة والمتنحية حسب قوانين الاحتمال.

4- تظهر العوامل السائدة فقط في الجيل الأول مما يجعل النبات يشبه أحد الأبوين.

5- تظهر العوامل السائدة والمتنحية في الجيل الثاني بنسبة 3 سائد : 1 متنحي وتكون نسبة التركيب الوراثي النقي إلى الخليط 1 : 2 .

ميزات الأحياء المفضلة للدراسات الوراثية:

1- التغاير (Variation) أي وجود صفات متباينة مثل الطول والقصر واللون ... الخ.

2- التركيب الجديد (Re-Combination): أي قدرة الفرد على تجميع العوامل الوراثية من الأب والأم.

3- التهجين الموجه (Controlled mating) : أي قدرة الباحث على التحكم في تزاوجات الفرد المخصص للتجارب.

4- دورة الحياة القصيرة (Short live cycle): فكلما قصرت دورة الحياة ازدادت امكانية توارث الصفات بشكل أفضل.

5- عدد النسل الناتج (Number of offspring) فكلما زاد النسل كان أفضل.

6- سهولة الاستعمال (Convince of handling) : أي حسب حجمه وثمنه وتوفره فكلما كان أصغر حجماً وأرخص سعراً كان ذلك افضل.

قانونا ماندل :

أولاً- مبدأ الانعزال (قانون ماندل الأول) Principle of segregation

يسمى قانون افتراق الصفات والذي ينص على أنه عند التزاوج لا تمتزج العوامل الوراثية مع بعضها عند اجتماعها ولا تفقد فرديتها وعند الانعزال تعبر كل واحدة عن نفسها.

تعرف الهجونة بأنها التزاوج بين فردين من سلالتين صافيتن من نوع واحد تختلفان عن بعضهما بشفع أو اكثر من الصفات الوراثية المتقابلة. ويحدد نوع هذه الهجونة بعدد هذه الأشفاع.

الهجونة الأحادية: تزاوج بين سلالتين يختلفان عن بعضهما بشفع واحد من الصفات الوراثية المتقابلة

اختار مندل سلالتين من نبات البازلاء أحدهما بذوره ملساء (Smooth) والآخر بذوره مجعدة (Wrinkled) فكانت النتيجة ظهور جميع النباتات بذورها ملساء. وتفسير ذلك هو أن صفة البذور المساء سائدة على البذور المجعدة التي تسمى الصفة المتنحية.

فقد زرع 556 بذرة من بذار الجيل الأول نتج عنها 133 مجعدة و 423 ملساء. أي بنسبة 3 ملساء إلى 1 مجعدة.

وتفسير ذلك أن الصفة يتحكم بها زوج واحد من المورثات أحدهما سائد على الآخر . فصفة البذار الملساء RR والبذار المجعدة rr .

الشكل الظاهري للآباء(Parents)	بذار ملساء	×	بذار مجعدة
التركيب الوراثي للآباء	RR		rr
الأعرالس (Gametes)	R		r
الجيل الأول (F1)		Rr	(ملساء)
	بالتلقيح الذاتي للجيل الأول		
الجيل الثاني (F2)	RR¼	Rr ½	rr¼
الشكل الظاهري للجيل الثاني	ملساء	ملساء	مجعدة

ظهور الصفة المتنحية في الجيل الثاني دليل على أن كل مورثة تحافظ على فرديتها عند اجتماعها بالمورثة المقابلة لها، وعند تشكيل الأعراس تفترق كل مورثة عن قرينتها. ويمكن استنتاج

كذلك الأمر عند تهجين سلالتين أحدهما طويلة والأخرى قصيرة كانت جميع أفراد الجيل الأول طويلة مما يثبت على سيادة صفة الطول على القصر والتي يمكن تمثيلها كما يلي:

الشكل الظاهري للآباء (Parents)	طويلة	×	قصيرة
التركيب الوراثي للآباء	SS		ss
الأعراس (Gametes)	S		s
الجيل الأول (F1)		Ss	طويلة
		بالتلقيح الذاتي للجيل الأول	
الجيل الثاني (F2)	SS¼	Ss ½	ss¼
الشكل الظاهري للجيل الثاني	طويلة	طويلة	قصيرة

ونلاحظ أن النباتات طويلة الساق هي مجموعتي تركيب وراثي أحدهما متماثل SS والآخر خلطي Ss ولكن نظراً لسيادة العامل S على العامل s فإن هذه النباتات جميعها تظهر طويلة الساق. فلتأكيد ذلك تركت النباتات تتلقح ذاتياً وظهر في الجيل الثالث:

أ- أن النباتات القصيرة تعطي نسلاً قصيراً باستمرار أي أنها متماثلة (Homozygous) بالنسبة لهذه الصفة.

ب- ⅓ النباتات الطويلة كانت طويلة في الجيل الثالث مما يعني أنها متماثلة وتشبه الآباء الطويلة.

ت- ⅔ النباتات الطويلة أعطت في الجيل الثالث نباتات طويلة وقصيرة بنسبة 3:1 مشابهة في ذلك نباتات الجيل الأول فهي خليطة في تركيبها الوراثي (Heterozygous)

وفي صفة لون الفلقتين فقد زرع سلالتين أحدهما صفراء (Yellow) والأخرى خضراء (Green) كان لون الفلقتين في الجيل الأول جميعها صفراء أي أن لون الفلقات الأصفر سائد على اللون الأخضر .

قام ماندل بزراعة 556 بذرة من الجيل الأول وبالتلقيح الذاتي ظهرت 140 خضراء و 416 صفراء أي بنسبة 3 صفراء إلى 1 خضراء.

خضراء	×	صفراء	الشكل الظاهري للآباء(Parents)
yy		YY	التركيب الوراثي للآباء
y		Y	الأعراس (Gametes)
(صفراء)	Rr		الجيل الأول (F1)
بالتلقيح الذاتي للجيل الأول			
yy¼	Yy ½	YY¼	الجيل الثاني (F2)
خضراء	صفراء	صفراء	الشكل الظاهري للجيل الثاني

وفي لون الأزهار اختار ماندل سلالتين أحدهما ذات أزهار حمراء (RR) والأخرى ذات أزهار بيضاء (rr) وعند تزاوجهما كان الجيل الأول جميع أزهاره حمراء أي أن اللون الأحمر سائد على اللون الأبيض. وكانت نتائج الجيل الثاني بنسبة 3 أحمر إلى 1 أبيض.

أزهار بيضاء	×	أزهار حمراء	الشكل الظاهري للآباء(Parents)
rr		RR	التركيب الوراثي للآباء
r		R	الأعرالس (Gametes)
(حمراء)	Rr		الجيل الأول (F1)
بالتلقيح الذاتي للجيل الأول			
rr¼	Rr ½	RR¼	الجيل الثاني (F2)
بيضاء	حمراء	حمراء	الشكل الظاهري للجيل الثاني

ويمكن تمثيلها في الجدول التالي

الشكل المظهري Phenotypic	التركيب الوراثي Genotypic	تكرار التركيب الوراثي	نسبة الشكل المظهري
أحمر	RR	1	3
	Rr	2	
أبيض	Rr	1	1

التهجين الرجعي الاختباري ويسمى اختبار التهجين (Back Cross Test) أي تهجين الجيل الأول (الابن) مع الأب المتنحي بالصفة وذلك لمعرفة هل الفرد نقي التركيب الوراثي أم خلطي التركيب الوراثي.

أي أن التهجين الرجعي الاختباري يفيد في تحديد حالة الفرد الذي يحمل نمطاً ظاهرياً لصفة سائدة فيما إذا كان متماثل اللواقح أو مخالف اللواقح من حيث النمط الظاهري وذلك بتزاوجه مع الأب ذو الصفة المتنحية.

×	R	r
r	Rr	rr
	(أحمر)	(أبيض)
	أحمر ½	أبيض ½

ثانياً – القانون الثاني لمندل

– مبدأ الانعزال المستقل (الحر): Principle of independent segregation

يـنص علـى أن زوج المورثـات يتـوزع بشـكل مسـتقل عـن أزواج المورثـات المتقابلـة الأخرى وتجتمع معها بشكل عشوائي ونتائج هذا الاجتماع تحددها القوانين الاحتمالية.

الهجونـة الثنائيـة: التزاوج بين فردين من سلالتين صافيتين يختلفان عن بعضهما بزوجين من الصفات الوراثية.

اختار ماندل سلالتين صافيتين من البازلاء.

السلالة الأولى بذورها ملساء وفلقاتها ذات لون أصفر

السلالة الثانية بذورها مجعدة وفلقاتها ذات لون أصفر

كانت جميع أفراد الجيل الأول بذورها ملساء وفلقاتها ذات لون أصفر وبالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول كانت نتائج الجيل الثاني بنسبة:

9 ملساء صفراء ، 3 ملساء خضراء، 3 مجعدة صفراء، 1 مجعدة خضراء.

ويمكن توضيح ذلك كما يلي: تم التهجين بين سلالتين ملساء RR سائدة على المجعدة rr صفراء YY سائدة على الخضراء yy

الشكل المظهري للآباء (Parents)	ملساء صفراء	مجعدة خضراء
التركيب الوراثي للآباء	YYRR	yyrr
الأعراس (Gametes)	YR	yr
الجيل الأول (F1)	Yy Rr (صفراء ملساء)	

وبالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول انعزلت الأفراد في الجيل الثاني والتي يمكن توضيحها حسب طريقة Punnet, 1951:

×	YR	Yr	yR	yr
YR	(YYRR) صفراء ملساء	(YYRr) صفراء ملساء	(YyRR) صفراء ملساء	(YyRr) صفراء ملساء
Yr	(YYRr) صفراء ملساء	(YYrr) صفراء مجعدة	(YyRr) صفراء ملساء	(Yyrr) صفراء مجعدة
yR	(YyRR) صفراء ملساء	(YyRr) صفراء ملساء	(yyRR) خضراء ملساء	(yyRr) خضراء ملساء
Yr	(YyRr) صفراء ملساء	(Yyrr) صفراء مجعدة	(yyRr) خضراء ملساء	(yyrr) خضراء مجعدة

$\frac{9}{16}$ صفراء ملساء $\frac{3}{16}$ صفراء مجعدة $\frac{3}{16}$ خضراء ملساء $\frac{1}{16}$ خضراء مجعدة

وفي تجربة ثانية اختار ماندل سلالتين ذاتا شكلين مظهريين مختلفين أحدهما طويلة الساق حمراء الأزهار والثانية قصيرة الساق بيضاء الأزهار. كانت أفراد الجيل الأول جميعها طويلة الساق حمراء الأزهار أي سيادة صفة الطول على القصر واللون الأحمر على الأبيض.

يكون التهجين كالتالي:

قصيرة الساق بيضاء الأزهار	طويلة الساق حمراء الأزهار	الشكل المظهري للآباء (Parents)
aass	AASS	التركيب الوراثي للآباء
as	AS	الأعراس (Gametes)
AaSs (طويلة الساق حمراء الأزهار)		الجيل الأول (F1)

وبالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول انعزلت الأفراد في الجيل الثاني على الشكل التالي:

×	AS	As	aS	As
AS	(AASS) أحمر طويل	(AASs) أحمر طويل	(AaSS) أحمر طويل	(AaSs) أحمر طويل
As	(AASs) أحمر طويل	(Aass) أحمر قصير	(AaSs) أحمر طويل	(Aass) أحمر قصير
aS	(AaSS) أحمر طويل	(AaSs) أحمر طويل	(aaSS) أبيض طويل	(aaSs) أبيض طويل
as	(AaSs) أحمر طويل	(Aass) أحمر قصير	(aaSs) أبيض طويل	(aass) أبيض قصير

وكانت النسب كالتالي:

9/16 أحمر طويل **3/16 أحمر قصير** **3/16 أبيض طويل** **1/16 أبيض قصير**

استنتج ماندل أن أزواج العوامل الوراثية تنعزل مستقلة عن بعضها أي أن الجين S الخاص بطول الساق ينعزل عن الجين s الخاص بقصر الساق و أن الجين A الخاص بلون الأزهار الحمراء ينعزل عن الجين a الخاص بلون الأزهار البيضاء وأن أي منهم يكون مستقلاً في انعزاله وتوزيعه على المورثات عن الزوج الآخر.

ويمكن ملاحظة أن أزواج العوامل الوراثية تكون مستقلة في انعزالها وتوزيعها على المورثات وأن عدد الأشكال المظهرية يزداد بزيادة الصفات المدروسة وبالتالي عدد العوامل الوراثية فالفرد الخليط في زوج واحد من العوامل الوراثية ينعزل في الجيل الثاني بشكلين

مظهريين. والفرد الخليط في زوجين من العوامل الوراثية ينعزل على أربعة أشكال مظهرية في الجيل الثاني والفرد الذي يختلف في (n) من العوامل الوراثية ينعزل على (2^n) من الأشكال المظهرية.

في حال كون الصفة يتحكم فيها ثلاثة أزواج من المورثات:

فيتم الانعزال بنسبة 27: 9: 9: 9: 3: 3: 3: 1

مثال:

تم التهجين بين سلالتين من البازلاء تختلف فيما بينها بثلاث صفات حيث:

البذور الملساء (SS) سائدة على المجعدة(ss)

الفلقات الصفراء (YY) سائدة على الخضراء(yy)

الأزهار البنفسجية (VV) سائدة على الأزهار البيضاء (v)

الشكل المظهري للآباء (Parents)	بذور ملساء فلقات صفراء أزهار بنفسجية	بذور مجعدة فلقات خضراء أزهار بيضاء
التركيب الوراثي للآباء	SSYYVV	ssyyvv
الأعراس (Gametes)	SYV	syv
الجيل الأول (F1)	SsYyVv (ملساء صفراء بنفسجية)	

في الجيل الثاني كان الانعزال كما يلي:

27: أملس أصفر بنفسجية

9: أملس أصفر بيضاء

9: أملس أخضر أزهار بنفسجية

9: مجعد أصفر أزهار بنفسجية

3: املس أخضر أزهار بيضاء

3: مجعد أصفر أزهار بيضاء

3: مجعد أخضر أزهار بنفسجية

1: مجعد أخضر أزهار بيضاء

الجلسة العملية السادسة

الانحراف عن النسب المندلية

السيادة غير التامة أو عدم الرجحان:

وفيها لايسود عامل وراثي على العامل الآخر بل يظهر العاملان الوراثيان تأثيرهما في الفرد الخليط. ومن الأمثلة على ذلك لون الأزهار في نبات حنك السبع فتلقيح سلالة ذات أزهار بيضاء بسلالة أخرى ذات أزهار حمراء ظهرت نباتات ذات أزهار قرنفلية (Pink) أي وسطاً في صفاتها بين الأبيض والأحمر.

وبالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول كانت نسب الانعزال في الجيل الثاني علىثلاث أشكال مظهرية وبنسب 1:2:1 أي

1 أبيض : 2 قرنفلي : 1 أحمر

الآباء (Parents)	أحمر	أبيض
الأعراس (Gametes)	RR	rr
الجيل الأول (F1)	Rr (قرنفلي)	

بالتلقيح الذاتي لنباتات الجيل الأول

الشكل المظهري	قرنفلي	×	قرنفلي
التركيب الوراثي	Rr		Rr
الأعراس	½ R ½ r		½ R ½ r
F2	¼ rr (أبيض)	½ Rr (قرنفلي)	¼ RR (أحمر)

وتفسير هذه النتائج أن لون الأزهار في نبات حنك السبع يتحكم فيه زوج واحد من المورثات هما R و r اللذان يعطيان أزهار حمراء RR و أزهار بيضاء rr و في حالة الخليط Rr فيظهر تأثير العاملين الوراثيين ويكون لون الأزهار قرنفلي وفي التلقيح الذاتي يكون الانعزال في الجيل الثاني ¼ أحمر ½ قرنفلي ¼ أبيض.

الجينات المهلكة: (Lethal genes):

إن بعض التراكيب الوراثية المنعزلة في الجيل الثاني تكون غير ملائمة للظروف البيئية المحيطة بها بسبب فشل الخلية أو العضو بالقيام بوظيفته فغياب الكلوروفيل في النبات يؤدي إلى عدم قدرة النبات في تكوين المواد الكربوهيدراتية اللازمة لإمداده بالطاقة.

في مثال على الذرة الصفراء نلاحظ أنه توجد ثلاث تراكيب وراثية هي AA و Aa و aa تمثل شكلين مظهريين تكون فيه التركيبين الوراثيين AA و Aa ذات أوراق خضراء في حين يكون التركيب الوراثي aa عديم اليخضور وبالتالي يموت . فالتلقيح الذاتي لفرد يحمل التركيب الوراثي Aa يكون:

Aa(أخضر)	Aa (أخضر)	الآباء
½ A ½ a	½ A ½ a	الأعراس

ويكون ناتج التهجين كما يلي:

a	A	الأعراس
Aa(أخضر)	AA(أخضر)	A
aa“ (عديم اليخضور)	Aa(أخضر)	'a

وتكثر الجينات المميتة في الطبيعة وهذا يعود إلى أن الجين المتنحي يختبئ تأثيره الضار تحت تأثير العامل السائد. ولا يشترط أن يكون العامل الوراثي مميت لكافة الأفراد بل قد يكون مميتاً لنسبة من الأفراد الحاملة له وهذه تعرف بالجينات شبه المميتة (Sub-lethal) مثل التواء الرقبة عند الصيصان فهي لا تستطيع الأكل وبالتالي تموت.

التفاعل الجيني:

ان مبدأ ماندل أن كل زوج يكون مستقلاً في توزيعه وانعزاله عن الزوج الآخر ولا يوجد أي تفاعل بينهما إلا أنه وجد أن الصفة المظهرية ماهي الا محصلة تفاعل عدد من الجينات مع بعضها ومع البيئة المحيطة بها. ومع أن كل جين قد ينتج تأثيراً كيماوياً أولياً خاص به إلا أن التفاعل بين هذه المواد قد يعمل على اظهار صفة جديدة غير متوقعة أي أن هناك تغير في نسب الأشكال المظهرية في الجيل الثاني أما نسب التراكيب الوراثية فهي ثابتة نظراً للتوزيع الحر للعوامل الوراثية .

ومن أمثلة التفاعل حالة الجينات المكملة (Complemrntry genes) فصفة لون الأزهار البيضاء في نبات بازلاء الزهور يتحكم فيها ليس زوج من العوامل الوراثية بل زوجين من هذه العوامل فعند التهجين بين نباتين أزهارهما بيضاء نتج الجيل الأول أزهاره قرمزية أما الجيل الثاني فكانت نسبة انعزاله 9 قرمزية : 7 بيضاء.

ولا يمكن تفسير ذلك الا على أساس أن لون الأزهار البيضاء يتحكم فيه زوجين من المورثات كل منهما منفرداً يعطي اللون الأبيض أما إذا اجتمعا فيتفاعلان ليعطيان نبات لون أزهاره قرمزية .

ويفسر مثل هذا التهجين على أساس كيميائي بفرض أن الجين A ينتج حبيبات صبغة عديمة اللون تتحول إلى اللون القرمزي بواسطة الانزيم عديم اللون والذي ينتج عن الجين B وتبعاً لذلك يمكن تفسير التهجين كما يلي:

الشكل الظاهري للآباء(Parents)	إزهار بيضاء		×	إزهار بيضاء
التركيب الوراثي للآباء	aaBB			AAbb
الأعرالس (Gametes)	½ a ½ B			½ A ½ b
الجيل الأول (F1)			AaBb	(أزهار قرمزية)
	بالتلقيح الذاتي للجيل الأول			
الجيل الثاني (F2)	Aabb 1	aaB- 3	A-bb 3	A-B- 9
الشكل الظاهري للجيل الثاني	بيضاء			قرمزية

الجلسة العملية السابعة
الاختبارات التي تؤكد نتائج التجارب

مربع كاي (χ^2) Chi Square

عند إجراء تهجين بين سلالتين وظهور الأفراد المنعزلة في الجيل الثاني فلابد من التأكيد من أن انحراف القيم المتحصل عليها عن القيم المتوقعة معنوية أو غير معنوية وأن البيانات تتفق أو لاتتفق مع النظرية الفرضية وهل يمكن أن يعزى ذلك الانحراف للمصادفة أو لأسباب أخرى ومن أهم هذه الاختبارات هو اختبار مربع كاي χ^2 وهو اختبار إحصائي خاص يستخدم :

1- لمطابقة النسب المشاهدة للانعزالات الوراثية مع النسب المتوقعة.

2- لاختبار مدى استقلالية النتائج المشاهدة مثل اختبار ما إذا كانت نسبة النباتات المصابة وغير المصابة بمرض ما تختلف او لا تختلف جوهرياً في مجموعة الأصناف.

$$\text{مربع كاي} = \text{مجموع} \quad \frac{(\text{المشاهد} - \text{المتوقع})^2}{\text{المتوقع}}$$

ويمكن التعبير عنه بالرموز

$$\chi^2 = \sum \frac{(o-e)^2}{e} = \sum \frac{d^2}{e}$$

حيث o : القيم المشاهدة Observed . e : القيم المتوقعة Expected

ويمكن التعبير عن (o-e) بالحرف d وهو انحراف القيم المشاهدة عن المتوقعة.

أي أن القيم المشاهدة للانعزالات هي حقيقية مشابهة للنسب المندلية أو القيم المتوقعة. أي هو مربع انحراف القيم المشاهدة عن المتوقعة وقسمته على القيمة المتوقعة. ثم جمع هذه القيم فيكون حاصل الجمع هو مربع كاي .

نقارن قيمة مربع كاي المحسوبة مع قيمتها الجدولية من جدول توزيع مربع كاي عند درجة الحرية (n-1) فإذا كانت قيمة χ^2 المحسوبة أكبر من قيمتها الجدولية نقول أن هناك فروق معنوية بين القيم المشاهدة عن المتوقعة وترفض نظرية العدم أما إذا كانت قيمة χ^2 الجدولية أكبر من المحسوبة فنقول أنه لا توجد فروق معنوية بين المشاهدة والمتوقعة وأن النسب

مطابقة لما توصل اليه ماندل وبالتالي نقبل نظرية العدم وأن الفروق الموجودة ناتجة عن المصادفة.

مثال– إذا كانت قيمة مربع كاي لصفة بسيطة في الجيل الثاني هي 0.322 فهل هذه القيمة تمثل النسبة 1:3 حسب نظرية ماندل.

إن القيمة تقع بين درجتي احتمال 0.90 و0.50 أي أن الاختلافات ناتجة عن المصادفة والاختلافات غير معنوية وبذلك تكون النظرية الفرضية مقبولة.

أما إذا كانت القيمة عند درجة احتمال 0.05 أو أقل 0.01 فذلك يعني أن النتائج المتحصل عليها غير مطابقة للنظرية الفرضية والفروقات معنوية وتكون النظرية الفرضية مرفوضة.

مثال2: في نبات من جنس الكولياس أوراقه قرمزية لقح ذاتياً فتم الحصول على 787 نباتاً منها 580 نبات أوراقها قرمزية و207 نبات أوراقها خضراء فهل توجد فروق معنوية بين القيم المشاهدة والمتوقعة مستخدماً بذلك اختبار مربع كاي لتفسير النتائج، ثم فسر هذه النتائج وراثياً.

يمكن تفسير ذلك في أن النباتات التي لقحت ذاتياً خليطة وراثياً في زوج واحد من العوامل الوراثية وأن اللون القرمزي سائد على اللون الأخضر.

النظرية المندلية في هذه الحالة هو أن الأفراد تنعزل بنسبة 1:3

فهل تكون النسب المشاهدة متفقة مع النسب النظرية (المتوقعة)

لتفسير ذلك لابد من وجود شروط هي:

1- ينعزل جيني هذا الزوج من العوامل الوراثية عن بعضها عند تكوين الجاميطات.
2- لكل حبة لقاح نفس الفرصة في إخصاب أي بيضة.
3- يحصل الإخصاب عشوائياً.
4- جميع البذور الناتجة متماثلة في قدرتها على الإنبات.
5- كل النباتات الناتجة متماثلة في حيويتها.

على أساس النظرية الفرضية

أن النسبة السائدة (القرمزية) = ¾ × 787 = 290.25 نباتاً. ذو أوراق قرمزية.

والمتنحية = ¼ × 787 = 196.75 نباتاً ذو أوراق خضراء.

جدول χ^2

الصفة	المشاهدة (o)	المتوقعة (e)	الانحراف d=(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
قرمزية	580	590.25	10.25−	0.178
خضر	207	196.75	10.25+	0.534
المجموع	787	787	صفر	0.712

من جدول مربع كاي وعند درجة الحرية 1=1-2 إذا كانت $p<0.05$ فان الفروق غير معنوية وإن الاختلافات ناتجة من الصدفة وإذا كانت $p>0.05$ فان النتائج معنوية.

أي إذا كانت درجة الاحتمال أكبر من 5% فان الانحرافات الموجودة غير معنوية وأنها ترجع إلى المصادفة فقط وتكون النظرية الفرضية محتملة وتتفق النتائج المشاهدة معها أما إذا كانت درجة الاحتمال أقل من 0.05% فتعتبر الانحرافات الموجودة معنوية وترفض النظرية الفرضية. أما إذا كانت درجة الاحتمال أقل من 1% فتعتبر الانحرافات معنوية جداً.

فالمثال السابق تتراوح درجة الاحتمال بين 50% و20% أي أن الانحرافات عن النسب المندلية 1:3 غير معنوية وأنها ترجع إلى المصادفة فقط وبذلك يمكن القول أن النظرية الفرضية مقبولة.

مثال3– التهجين بين سلالتين من العدس (Lentil) أحدهما برتقالي القشرة والآخر أصفر القشرة وكان الجيل الأول F1 برتقالي القشرة.

عند دراسة بذار F2 كانت النتيجة 586 برتقالي القشرة و207 أصفر القشرة كيف يمكن اختيار النتائج باستخدام مربع كاي؟. فسر النتيجة وراثياً:

الفرض: صفة لون القشرة يتحكم بها زوج واحد من المورثات والانعزال يتم 1:3

جدول χ^2

الصفة	القيمة المشاهدة (o)	القيمة المتوقعة (e)	الانحراف d =(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
القشرة البرتقالية	586	594.75	8.75−	0.1287
القشرة الصفراء	207	198.25	8.75+	0.3861
المجموع	793	793	0	0.5148

وهو أقل من القيمة الجدولية عند 5% عند درجة حرية 1 وأن الفروق ناجمة عن الصدفة وبالتالي لا تقبل النظرية الفرضية والتي تقول أن الانعزال يتم بنسبة 3 : 1

يتم حساب المتوقع : المجموع الكلي × النسبة

عدس ذو قشرة برتقالية ¾ × 793 = 594.75 نباتاً

عدس ذو قشرة صفراء ¼ × 793 = 198.25 نباتاً

ويكون التركيب الوراثي للأفراد كالتالي:

الآباء	برتقالي YY	×	أصفر yy
F1		Yy برتقالي	
	بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول يتم الانعزال في الجيل الثاني كالتالي:		
F2	برتقالي YY	برتقالي Yy	أصفر yy

أي النسب كانت ¾ برتقالي و ¼ أصفر

مثال4– عند تهجين بين سلالتين من الباذنجان (eggplant) أحدهما خضراء والأخرى بيضاء كان الجيل الأول أخضر مبرقش . في الجيل الثاني درس 45نبات نتج 12 نبات اخضر 24 نبات أخضر مبرقش و 9 نباتات بيضاء.

النظرية الفرضية: لون الثمرة يتحكم به زوج من المورثات مع عدم وجود سيادة والانعزال يتم بنسبة 1:2:1

χ^2

الصفة	القيمة المشاهد (o)	القيمة المتوقعة (e)	الانحراف d =(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
أخضر	12	11.25	0.75+	0.050
أخضر مبرقش	24	22.50	1.5+	0.100
أبيض	9	11.25	2.25–	0.450
المجموع	45			0.600

قيمة مربع كاي المحسوبة أقل من الجدولية عند 5% و عند درجة حرية = 2 أي أن الفروق بين القيم المشاهدة والمتوقعة غير معنوية وناتجة عن الصدف وبالتالي تقبل النظرية الفرضية التي

تقول أن انعزال الأفراد يتم بنسبة 1:2:1 . ويكون تفسير ذلك وراثياً كما يلي:

التهجين يكون أبيض gg أخضر GG

الآباء	GG أخضر	×	أبيض gg
F1		Gg مبرقش	
	بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول يتم الانعزال في الجيل الثاني كالتالي:		
F2	GG ¼ أخضر	Gg ½ أخضر مبرقش	gg ¼ أبيض

أي النسب كانت 1 أبيض : 2 أخضر مبرقش : 1 أخضر

مثال 5: هجن نبات من البندورة ذو ثمار حمراء مع نبات ذو ثمار صفراء نتج 62 حمراء و 58 صفراء

اختبر المعلومات باستخدام اختبار مربع كاي وحدد الشكل الوراثي للآباء

الحل : النظرية الفرضية تقول يتحكم في صفة لون الثمرة زوج واحد من المورثات ومن ثم تنعزل النباتات بنسبة 1:1

جدول χ^2

الصفة	القيمة المشاهد (o)	القيمة المتوقعة (e)	الانحراف d =(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
أحمر	62	60	2+	0.0666= 60/4
أصفر	58	60	2−	0.0666= 60/4
	120			0.1332

إن قيمة χ^2 المحسوبة أقل من الجدولية عند درجة احتمال 5% ودرجة حرية 1 وبالتالي تقبل النظرية الفرضية التي تنص على ان الانعزال يتم بنسبة 1:1

تفسير ذلك وراثياً : أن الأب الذي ثماره حمراء يكون خليط وراثياً Rr بينما اللون الأصفر صافي rr

ثمار صفراء	ثمار حمراء	الشكل الظاهري للآباء
rr	Rr	التركيب الوراثي للآباء
r	R r	الأعراس
rr	Rr	الجيل الأول F1
1− أصفر	1− أحمر	نسب الشكل المظهري للجيل الأول

مثال 6: في احدى التجارب تم التهجين بين نباتين من البندورة

الأول: ذو ساق طويلة وأوراق مفصصة (اوراق بطاطا)

الثاني: ذو ساق قزمه وأوراق غير مكتملة

كانت النتائج:

χ^2

الصفة	القيمة المشاهد (o)	القيمة المتوقعة (e)	الانحراف d =(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
بندورة ساق طويلة أوراق غير مكتملة	926	906	20+	0.441
بندورة ساق طويلة أوراق مفصصة	288	302	14−	0.649
بندورة ساق قزمه أوراق غير مكتملة	293	302	9−	0.268
بندورة ساق قزمه أوراق مفصصة	104	101	3+	0.089
المجموع	1611	1611	0	1.447

النظرية الفرضية: طول الساق وشكل الأوراق في البندورة يتحكم بها زوجين من المورثات تنعزل بنسبة 1:3:3:9 .

قيمة مربع كاي المحسوبة أصغر من الجدولية عند درجة حرية (3) واحتمال 5% حيث كانت قيمة مربع كاي الجدولية (7.82) بينما المحسوبة 1.447 وبذلك تقبل النظرية الفرضية.

إن طول الساق T سائد على تقزم الساق t

والأوراق غير مكتملة C سائدة على الأوراق المفصصة c

وبالتالي فإن الصفتين مستقلة وراثياً وتنعزل في الجيل الثاني بنسبة 1:3:3:9

إذا التهجين بين نبات بندورة ذات ساق طويلة وأوراق مفصصة ونبات بندورة آخر ساقه قزمة وغير مكتملة الأوراق

التركيب الوراثي للآباء	tt CC	X	TTcc
الأعراس	t C		T c
الجيل الأول F1	Tt Cc		طويلة أوراق غير كاملة

بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول يكون الانعزال كالتالي:

TC	Tc	tC	tc

أعراس الجيل الأول

وكان انعزال الجيل الثاني

ساق طويلة وأوراق غير مكتملة 9 : T-C- F2

طويلة أوراق بطاطا 3 : T-cc

قزمة اوراق غير كاملة 3: tt C-

قزمة أوراق بطاطا 1 : tt cc

مثال 7- عند تهجين بين نباتين من البندورة

نباتات طويلة ذات أوراق غير مكتملة ونباتات قزمة ذات أوراق مفصصة (بطاطا)

وكان انعزال الشكل المظهري كالتالي:

77 طويلة ذات أوراق غير مكتملة

62 طويلة ذات أوراق مفصصة (بطاطا)

72 قزمة ذات أوراق غير مكتملة

73 قزمة ذات أوراق مفصصة

وكانت نسبة الانعزال 1:1:1:1 أوجد معنوية النتائج باستخدام اختبار مربع كاي وفسر ذلك وراثياً.

χ^2

الصفة	القيمة المشاهد (o)	القيمة المتوقعة (e)	الانحراف d =(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
طويلة ذات أوراق غير مكتملة	77	71	6+	0.507
طويلة ذات أوراق مفصصة	62	71	9−	0.140
قزمة ذات أوراق غير مكتملة	72	71	1+	0.014
قزمة ذات أوراق مفصصة	73	71	2+	0.056
المجموع	284	284	0	1.717

عند درجة حرية (3) كانت قيمة χ^2 المحسوبة أصغر من الجدولية وهنا تقبل النظرية الفرضية التي تقول أن الأفراد تنعزل بنسبة 1:1:1:1

أي أن النبات ذو الساق الطويلة وأوراق غير مكتملة خليط Tt Cc والقزم ذو أوراق مفصصة يكون ttcc

قزم أورق بطاطا طويلة أوراق غير كاملة

ttcc × Tt Cc

الأعراس TC Tc tC tc tC

الانعزال في الجيل الثاني 1Tt Cc : 1Ttcc: 1tt Cc: 1ttcc

مثال 8– التهجين بين نباتين من الشعير – صنف ذو أذينات أرجوانية مع صنف ذو أذينات بيضاء

كانت جميع أفراد F1 ذو أذينات أرجوانية

في الجيل الثاني كان انعزال الأفراد 471 أرجواني و 361 أبيض

اختبر معنوية النتائج باستخدام مربع كاي وحدد التركيب الوراثي للآباء وللجيلين الأول والثاني؟

الفرض: إن لون الأذينات في الشعير يتحكم به زوج من المورثات السائدة وتعطي نسبة 7:9 في الجيل الثاني.

χ^2

الصفة	القيمة المشاهد (o)	القيمة المتوقعة (e)	الانحراف d =(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
أرجواني	471	468	3+	0.0192
أبيض	361	364	3−	0.0247
المجموع	832	832	0	0.0493

نلاحظ عند درجة حرية 1 من جدول توزيع جدول χ^2 أن قيمة مربع كاي المحسوبة أقل من الجدولية وبالتالي تقبل النظرية الفرضية وأن الفروق الناتجة ترجع إلى الصدفة و إن النسبة 7:9 صحيحة.

ويمكن تفسير ذلك وراثياً على أساس أن اللون الأرجواني يتحكم به زوجين من المورثات السائدة أما الأبيض فيكون متنحي. ووجود المورثات السائدة CcPp يكون اللون ارجواني

وفي الجيل الثاني يتم الانعزال

الشكل المظهري أرجواني × أبيض

التركيب الوراثي CCPP × ccpp

F1 (أرجواني) Cc Pp

ينعزل الجيل الثاني الى أرجواني 9 C- P-

أبيض 3 C/- pp

أبيض 3 cc P-

أبيض 1 cc pp

مثال 9– في البصل يتحكم بلون القشرة زوجين من المورثات وتم التهجين بين سلالة ذات قشرة حمراء وسلالة ذات قشرة بيضاء. كان أفراد F1 احمر بينما انعزلت النباتات في F2 الى 110 حمراء 38 صفراء 46 أبيض.

اختبر النتائج بواسطة مربع كاي وفسر النتائج وراثياً. إذا كانت نسبة الانعزال 4:3:9

χ^2

الصفة	القيمة المشاهد (o)	القيمة المتوقعة (e)	الانحراف d =(o-e)	مربع كاي $\frac{d^2}{e}$
أحمر	110	109.12	0.88+	0.007
أصفر	38	36.37	1.63	0.072
أبيض	46	48.50	2.50–	0.128
المجموع	194	194	0	0.207

قيمة مربع كاي المحسوبة أصغر من الجدولية عند درجة احتمال و5% وتقبل النظرية الفرضية التي تقول على أن الأفراد تنعزل بنسبة 4:3:9

ويمكن تفسير ذلك وراثياً: أن لون القشرة الأحمر يتحكم به زوجين من المورثات هما المورثين YR المسؤولان عن اللون الأحمر سائدين على المورثين yr المسؤولان عن اللون الأبيض.

ويكون التركيب الوراثي للأشكال المظهرية هو:

أبيض yyrr ، YYRR أحمر، YyRr أصفر

Y-R- 9 أحمر

Y-rr 3 أصفر

yyR- 3 أبيض

yyrr 1 أبيض

ويكون نسبة الأشكال المظهرية المنعزلة في الجيل الثاني هو:

أحمر 9، أصفر: 3 أبيض : 4

مسائل للحل:

مسألة 1– صفة لون قشرة الحبوب يتحكم بها زوج من المورثات بالانعزال في الجيل الثاني أعطت 586 نبات لون قشرة الحبوب فيه برتقالية و 207 لون قشرته صفراء.

اختبر معنوية النتائج إذا علمت أن نسبة الانعزال كانت 3 : 1 وماهو التركيب الوراثي للآباء و أفراد الجيلين الأول والثاني ؟

مسألة 2– في نبات بازلاء الزهور درست ثلاث صفات هي:

- الحبة الملساء السائدة على المجعدة
- اللون الأصفر للفلقتين السائد على اللون الأخضر.
- المقاومة للأمراض السائدة على عدم المقاومة.

وكان انعزال الأفراد في الجيل الثاني كالتالي:

673 نبات حبوبه ملساء صفراء مقاوم

204 نبات حبوبه ملساء صفراء غير مقاوم.

201 نبات حبوبه ملساء خضراء مقاوم.

211 نبات حبوبه مجعدة صفراء مقاوم.

90 نبات حبوبه ملساء صفراء غير مقاوم.

74 نبات حبوبه مجعدة صفراء غير مقاوم.

68 نبات حبوبه مجعدة خضراء مقاوم.

21 نبات حبوبه مجعدة خضراء غير مقاوم.

هل تتطابق النتائج مع النسب 27: 9:9:9 :3:3:3 :1 ؟

مسألة 3– في تجربة قام بها ماندل على بذار البازلاء كان انعزال الأفراد في الجيل الثاني

- 306 مستديرة صفراء.
- 98 مجعدة صفراء.
- 105 مستديرة خضراء.
- 31 مجعدة خضراء.

والمطلوب اختبار مطابقة هذا التوزيع للنسب 9 : 3 : 3 : 1 ثم فسر ذلك وراثياً.

مسالة 4– في القطن هناك سلالات تملك غدد تفرز الجوسيبيوم السامة وسلالات أخرى لا تملك هذه الغدد

في أحد التجارب أجري التهجين بين سلالة تملك الغدد السامة AABB مع سلالة خالية من هذه الغدد aabb

سلالة تملك غدد تفرز المواد السامة	×	سلالة خالية من الغدد التي تفرز المواد السامة	الشكل المظهري للآباء
AABB		aabb	التركيب الوراثي للآباء
(تملك عقد سامة)AaBb			F1

بالتلقيح الذاتي لوحظ وجود 89 نبات بعقد و 36 بلا عقد

استخدم مربع كاي لاختبار معنوية النتائج إذا فرضنا أن نسب الانعزال كانت :

أ– 5:11 15:1

ب– 13:3 9:7

قيم مربع كاي (Chi-square) الجدولية لدرجات الحرية من 1-10 عند مستويي الاحتمال 5% و1%

df	%5	%1
1	3.84	6.64
2	5.99	9.21
3	7.87	11.34
4	9.49	13.28
5	11.07	15.92
6	12.59	16.91
7	14.07	18.48
8	15.37	20.09
9	16.92	21.67
10	18.31	23.21

نجار وغزال (1998)

الجلسة العملية الثامنة

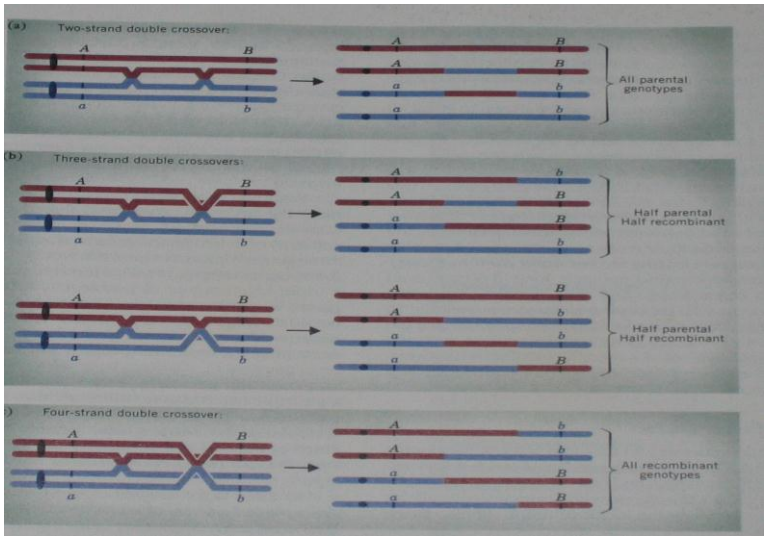
الارتباط Linkage والعبور Crossing Over والخريطة الوراثية Mapping

الارتباط Linkage

تحمل المورثات على الصبغيات التي هي إحدى البنى الخلوية المرئية وتتميز المورثات عن بعضها بعدد وتتابع القواعد النتروجينية التي تكونها. فالمادة الوراثية تتألف من آلاف المورثات بينما عدد الصبغيات يكون محدداً ولا يتعدى بضعة عشرات كحد أقصى لذلك فإن كل صبغي يحمل جزءاً من المادة الوراثية.

إن المورثات التي تتحكم بالصفات المدروسة تحمل على الصبغي نفس هذه المورثات المرتبطة تميل على البقاء معاً على الصبغي الذي يحملها وبالشكل الذي كانت عليه في الأعراس الأبوية.

لذا يمكن تعريف الارتباط بأنه ميل الجينات الموجودة على كروموزوم ما على البقاء معاً وعدم انعزالها انعزالاً حراً حسب مبدأ ماندل الثاني.



شكل يمثل العبور بين الكروماتيدات غير الشقيقة

وقد اكتشف العالمان R.C Punnett and Bateson الارتباط وذلك من خلال تجربتهما حول دراسة توريث صفة لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح في نباتات البازلاء الحلوة، حيث هجنت سلالتان أحدهما بنفسجية الأزهار طويلة حبوب اللقاح السائدة على السلالة حمراء الأزهار مستديرة حبوب اللقاح.

الجيل الأول كان بنفسجي الأزهار طويل حبوب اللقاح خليط

وكان الانعزال في الجيل الثاني والناتج من التلقيح الذاتي لنباتات الجيل الأول حيث زرع 381 نباتاً كان منها:

284 نبات بنفسجي الأزهار طويل حبوب اللقاح

21 نبات أحمر الأزهار طويل حبوب اللقاح

21 نباتاً بنفسجي الأزهار مستدير حبوب اللقاح

55 نباتاً أحمر الأزهار مستدير حبوب اللقاح

أي أن النسب المندلية كانت 12: 1: 1: 2 بدلاً من 9: 3: 3: 1

ولا يمكن تفسير ذلك الا عن طريق ارتباط المورثات مع بعضها.

ويعتبر الارتباط بين المورثات مهم جداً في توضيح مواقع المورثات على الصبغيات. كما أن الارتباط يبقى حائلاً دون انعزال المورثات المرتبطة بشكل مستقل.

مثال: المورثات في الكروموزومات المختلفة تعطي 1:1:1:1

الآباء	Aa/ Bb	×	aa\bb
الأعراس	AB Ab aB ab		ab
الجيل الأول	¼AB/ab ¼ Ab/ab ¼ aB/ab ¼ ab/ab		

ارتباط المورثات يختلف عن استقلالية المورثات، لأن المورثات المرتبطة تميل إلى أن تبقى معاً بنفس التركيب الوراثي الموجود في الآباء.

الآباء	AB/ab	×	ab/ ab
الأعراس	AB ab		ab
الجيل الأول	½ AB/ab ½ab/ab		

العبور (Crossing over): يتم العبور خلال الانقسام الاختزالي وعند مرحلة تضاعف الكروموزمات وانعزالها فهنا يمكن أن يحدث العبور والذي يتم بين الكروماتيدات غير الشقيقة.

AB مورثين مرتبطين على الكروموزوم نفسه وab مورثين مرتبطين على الكروموزوم الآخر وبالتالي يمكن أن ينتج التراكيب الوراثية التالية:

كروماتيد غير عبوري Non crossing over AB / ab

كروماتيد عبوري Crossing over Ab / aB

مثال 1: إذا كان التركيب الوراثي للآباء هو AB/ ab فالجيل الناتج يكون:

AB/ ab غير عبورية

Ab /aB عبورية

مثال2: إذا كان التركيب الوراثي للآباء هو Ab /aB فالجيل الناتج يكون:

Ab /aB غير عبورية

AB / ab عبورية الأعراس

الكيازما (Chiasma) : هي نقاط التماس بين الكروماتيدات غير الشقيقة والتي يتم في العبور وتزداد نسبة العبور كلما زاد تكرار الكيازما .

الكيازما = 2 × نسبة العبور Chiasma % = 2(Cross over)

أي العبور = ½ نسبة الكيازما Crossover % = ½ (Chiasma%)

مثال1– إذا كانت نسبة الكيازما بين موقعي المورثات A و B 30% في النموذج AB/ab فتكون نسبة العبور 15% Ab أو aB

وبالتالي فإن نسبة الارتباط = 100 – نسبة العبور وتساوي 100–15 = 85% تراكيب أبوية.

مثال2– إذا جرى التهجين بين التركيبين الوراثيين :

Ab / ab x aB/ ab

وكانت الأفراد ذات تراكيب وراثية كالتالي:

%40 = Ab/ab

%40 = aB/ab

%10 = AB/ab

%10 = ab/ab

فتكون التراكيب الوراثية AB/ab ab/ab ناتجة من العبور أي ان العبور كان بنسبة %10 + %10 = %20

ونسبة الكيازما تكون بنسبة 20% × 2 = 40%

مثال3: إذا كان اختبار التهجين بين AB /ab و ab/ab أنتج

AB /ab 180 Ab/ab 20 aB/ab 20 ab/ab180

$$\text{نسبة العبور \%} = \frac{\text{نسبة الجيل العبوري}}{\text{إجمالي الجيل}} \times 100$$

بتطبيق هذا القانون نجد

$$\text{نسبة العبور \%} = \frac{40}{400} \times 100 = 10\%$$

وتكون نسبة الارتباط % = 90% ونسبة تكرار الكيازما %= 20%

مثال– التهجين بين Ab/aB و aB/ab

أنتج أفراد نسبتها:

Ab/aB 45% و aB/ab 45% و AB/ab 5% و ab/ab 5%

نسبة الكيازما % 2(5+5) = 20%

العبور المضاعف (Double Cross Over)

هو العبور الذي يتم بين موقعين على نفس الكروموزوم. وينتج من حاصل ضرب نسب العبور المفردة .

مثال : إذا تم التهجين بين ABC/ abc وكانت نسبة العبور بين A و B 20% ونسبة العبور بين B و C 10%

احسب نسبة العبور المضاعف للتركيبين الوراثيين ABC و abc

العبور المضاعف (DCO) = (0.10 × 0.20) = 2% .

مسافة الخريطة الوراثية (Map distance):

هو البعد الخطي بين كل مورثين مرتبطين ومتتاليين في موقعهما على نفس الصبغي معبراً عنها بنسب العبور أو وحدة العبور وهي أصغر مسافة تفصل بين المورث والسنترومير ويمكن أن تسمى السنتيمورغان (Centimorgan). أي يمكن رسم مواقع الجينات على الكروموزوم وذلك من خلال معرفة نسب العبور من خلال التجارب الوراثية. وكل نسبة عبور واحدة تمثل وحدة واحدة على الخريطة الوراثية بين الجينات المرتبطة.

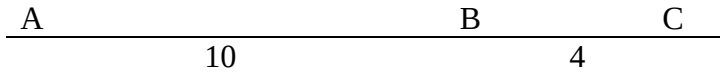
وبالرغم من أن نتائج التهجينات التي تشمل مورثات مرتبطة لا تتوفر أساساً لتقدير المسافة بين هذه المورثات في مقاييس طولية معيارية فإنه يمكن رسم الصبغيات بفاعلية في شكل نسب مئوية للعبور.

ويمكن تعريف وحدة مسافة الخريطة (map distance) على أنها الفراغ الذي يحدث عبور بداخله مقداره 1% من الفئات العبورية.

فوجود جينين البعد بينهما 10 وحدات عبورية على الخريطة الوراثية يعني ذلك وجود نسبة عبور 10% بين هذين الجينين.

فإذا كانت نسبة العبور بين المورثين A وB هي 10% وكانت نسبة العبور بين B و C 4% فتكون المسافة الوراثية بين A و C هي 14 وحدة عبورية.

طول الخريطة الوراثية = عدد الكيازما × 50.



ترتيب المورثات على الخريطة:

يمكن تحديد ترتيب الجينات على الكروموزوم عن طريق نسبة العبور فإذا فرضنا أن نسبة العبور بين AC كانت 5% وبين AB كانت 15 % وبين CB كانت 10% فيكون ترتيب الجينات على الخريطة كالتالي ACB.

مثال2: إذا كانت نسبة العبور بين المورثين S المسؤول عن صفة السويداء الضامرة و R المسؤول عن صفة السويداء الشمعية تبلغ 20% . وكانت نسبة العبور بين المورث R و W المسؤول عن السويداء الشمعي تبلغ 8%.

فإن المسافة الوراثية بين S و R تساوي 20 وحدة عبورية . والمسافة الوراثية بين R و W تساوي 8 وحدات عبورية وبالتالي تكون المسافة الوراثية بين S و W تساوي 28 وحدة عبورية. ويكون ترتيب المورثات على الصبغي SRW.

S	R	W
20	8	

ملاحظة: كلما زادت المسافة بين مورثين على الصبغي كانت الفرصة أكبر لحدوث تزامن لعبورين أو أكثر بين هذين المورثين. كما أن نسبة العبور بين موقعين ثابتة لا تتغير.

التداخل والتطابق (المصادفة): Interference and coincidence:

$$\text{معامل التطابق (Coefficient of coincidence)} = \frac{\text{\% للعبور المضاعف المشاهد}}{\text{\% للعبور المضاعف المتوقع}}$$

وبالتالي يكون التداخل = 1− معامل التطابق

مثال:

إذا كانت نسبة العبور بين AB 15% و بين BC 20%

تكون قيمة العبور المضاعف 0.15 × 0.20 = 30% وهي قيمة العبور المضاعف المتوقع

فإذ فرضنا أن قيمة العبور المشاهد كانت 2.4% فيكون :

$$\text{معامل التطابق} = \frac{2.4}{3.0} = 0.80$$

وهذا يعني أن 80% فقط من العبور المضاعف قد شوهدت.

ومنه نجد أن معامل التداخل = 1−0.8= 0.2 أي أن 20% من العبور المضاعف المتوقع لاينشأ بسبب التداخل.

مسألة2:

إذا فرضنا أن الأعراس الأبوية كانت بنسبة AB 0.40 و 0.40 لـ ab

وكانت نسبة الأعراس غير الأبوية(العبورية) aB 0.10 و 0.10 لـ Ab

فما هي الطرز المظهرية والطرز الوراثية ونسبة كل منها.

الحل:

يوجد 4 أعراس اثنان أبوية واثنان عبورية

ويكون الانعزال بنسبة 9: 3: 3: 1

	0.40 AB	0.10 Ab	0.10 aB	0.40 ab
0.40 AB	A B A B	A B a B	A B A b	A B a b
0.10 Ab	A B a B	a B a B	A b a B	a B a b
0.10 aB	A B A b	a B A b	A b A b	A b a b
0.40 ab	A B A b	a B a b	A b a b	a b a b

الطرز المظهرية لـ (A B)= 0.16+0.04 + 0.04 + 0.016 + 0.04 + 0.01 + 0.04 +

0.66 = 0.16 + 0.01

الطرز المظهرية لـ (a B)= 0.01 + 0.04 + 0.04 = 0.09

الطرز المظهرية لـ (A b)= 0.01 + 0.04 + 0.04 = 0.09

الطرز المظهرية لـ (a b)= 0.16

حل المسائل التالية:

مسألة 1:

1- إذا كانت نسبة الارتباط بين المورثين A و B 80% فما هي نسبة العبور بين هذين الموقعين الوراثيين.

2- إذا كان التزاوج بين

$$\frac{A\ b\ C}{a\ B\ c} \times \frac{abc}{abc}$$

كان تكرار الأفراد الناتجة وتركيبها الوراثي كالتالي:

التكرار	التركيب الوراثي
358	A b C / a b c
46	a b C / a b c
4	a b c / a b c
98	A b c / a b c
92	a BC / a b c
352	a B c / a b c
6	ABC/ a b c
44	ABc / a b c
1000	

- أحسب نسبة العبور والارتباط؟

مسألة 2- في تجربة على أحد الأنواع النباتية ذاتية التلقيح أن صفة الطول (L) سائدة على صفة القصر (l) وكذلك سيادة الأوراق المفصصة (N) على العادية (n).

هجن نبات طويل وأوراقه عادية مع نبات قصير مفصص الأوراق فظهرت جميع أفراد الجيل الأول طويلة ومفصصة الأوراق .

وتوزعت أفراد الجيل الثاني الى أربعة أشكال مظهرية تكراراتها كما يلي:

550 نبات طويل ومفصص الأوراق.

175 نبات طويل وعادي الأوراق.

182 نبات قصير ومفصص الأوراق.

53 نبات قصير عادي الأوراق.

أ- كيف تفسر النتائج وكيف يمكنك تأكيد صحتها أو نفيها.

ب- ماهو التركيب الوراثي للأبوين الأصليين؟ وماهي الطريقة التي اتبعت للحصول على الجيل الثاني.

ماهي الأشكال المظهرية ونسبة كل منها في النسل الناتج من تلقيح أحد أفراد الجيل الأول اختبارياً؟.

مسألة3– في نبات الذرة الصفراء ترتبط أزواج المورثات الثلاثة (v/+) و(b/+) و(lg/+) حيث يمثل + الطراز الوحشي للمورث.

أثر التهجين بين نباتين نتجت أفراد الجيل الأول بأشكال مظهرية وحشية للصفات الثلاثة وكانوا جميعاً ذوو تركيب وراثي متباين للأزواج الثلاثة.

عند تلقيح بعض أفراد الجيل الأول اختبارياً توزعت أنسالها الى ثمانية أشكال مظهرية هي :

305 (+ v lg) ، 128 (b + g) ، 18 (b v lg) 74 (+ + lg)، 66(+ b v)، 22(+ + +)، 112(+ v +)، 275(+ + b).

أحسب المسافة الوراثية التي تفصل المواقع الثلاثة للمورثات موضحاً تتابعها على الخريطة الوراثية.

الجلسة العملية التاسعة

الوراثة المرتبطة بالجنس

في تجارب أجراها مورغان على ذبابة الدروسوفيلا وخلال عدة أجيال لاحظ مورغان ظهور ذكور لون عيونها أبيض.

زاوج بين ذكر لون عيونه بيضاء × أنثى لون عيونها أحمر

ظهر الجيل الأول جميع افراده ذات عيون حمراء أي أن صفة اللون الأبيض متنحية

تركت أفراد الجيل الأول للتزاوج F1 × F1

كان النسل في الجيل الاثني 3470 حمراء العيون و 782 بيضاء العيون وهذه النسب لا تتماشى مع النسب المندلية 3 :1 لأن الصفة المتنحية بها نقص واضح عما هو متوقع.

كما لاحظ مورغان أن جميع الاناث ذات عيون حمراء وجميع الذكور ذات عيون بيضاء، قام مورغان بتهجين ذكر أبيض العيون مع بناته ذوات العيون الحمراء فكان النسل الناتج

إناث حمر العيون 129

ذكور حمر العيون 132

اناث بيض العيون 88

ذكور بيض العيون 86

وقد لاحظ وجود نقص واضح في الصفة المتنحية.

أما تهجين ذكور عيونها حمراء مع اناث عيونها بيضاء

كان F1 يتكون من إناث حمراء العيون والذكور جميعهم بيض العيون . وبمعنى آخر فإن صفة الأب قد انتقلت إلى بناته وصفة الأم انتقلت إلى أبنائها الذكور وهذا يسمى الوراثة التصالبية.

وبترك أفاد الجيل الأول من التهجين الأخير يتزاوجون فيما بينهم لوحظ أن النسل في الجيل الثاني يقع في مجموعتين أحداهما عيونها حمراء اللون والأخرى عيونها بيضاء اللون.

وعند فحص هؤلاء الأفراد وجد مورغان أن نسبة الذكور إلى الاناث 1:1 تقريباً وكذلك داخل الجنس الواحد كانت النسبة متساوية للونين الأبيض والأحمر (1 أحمر : 1 أبيض)

ويمكن تمثيل التهجين الأخير ونتائجه في الجيلين الأول والثاني كما يلي:

ذكور حمر العيون × اناث بيض العيون

الجيل الأول : ذكور بيض العيون + اناث حمر العيون

الجيل الثاني كان الانعزال:

1: اناث حمر العيون

1: اناث بيض العيون

1 ذكور حمر العيون

1: ذكور بيض العيون

تفسير ذلك:

إن صفة اللون الأبيض في العيون يتم انتقالها إلى الاناث عن طريق تهجين معين وليس مقصورة على أحد الجنسين.

السؤال: لماذا كان جميع الأفراد الذكور بيض العيون فقط في الجيل الثاني من التهجين الأصلي؟

إن آلية صفة لون العيون في الدروسوفيلا

لنفرض أن المورث المسؤول عن اللون الأبيض موجود على الصبغي X وأن الصبغي Y لا يحمل المورث المسؤول عن هذه الصفة.

فإذا كان الذكر الأصلي يحمل المورث w المتنحي على الصبغي X فإنه عندما هجن مع اناث حمراء العيون كانت هذه الاناث حاملة للمورث السائد W المسؤول عن اللون الأحمر على كل من الصبغيين X منهما

لذلك فذكور الجيل الأول حصلت على البغي X من امهاتها ومنه حصلت على المورث السائد W فكانت عيونها حمراء اللون. أما الإناث لنفس الجيل فقد ورثت المورث السائد W من امهاتها والمتنحي عن آبائها.

أما في الجيل الثاني من هذا التهجين فإن الذكور التي حصلت على المورث المتنحي w من أمهاتها كانت هي فقط بيضاء العيون.

ملاحظة: توجد المورثات في مجموعات ارتباطية على الصبغيات وكل مجموعة ارتباطية موجودة على واحد من أزواج الصبغيات وتحوي ذبابة الدروسوفيلا على أربع مجموعات ارتباطية.

أي أن صفة لون العيون البيضاء تتأثر بالمورث المتنحي فقط

إن الاختلاف بين الذكور والاناث يكون في زوج من الصبغيات تدعى الصبغيات الجنسية تمييزاً له عن الصبغيات الأخرى. وهناك عدة نماذج لزوج الصبغيات.

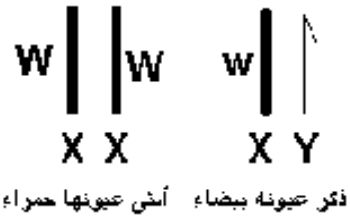
نموذج تحديد الجنس XX و XO

يتلخص بوجود زوج من الصبغيات الجنسية في أحد الجنسين ويرمز له XX وصبغي جنسي وحيد في الجنس الآخر XO مثل الحشرات كالخنافس والنطاطات والبراغيث. ويكون التركيب الوراثي لها:

الأنثى = الأزواج الجسمية + زوج جنسي XX ويمكن كتابتها (A+XX).

الذكر = الأزواج الجسمية + صبغي وحيد XO ويمكن كتابتها (A+XO).

أي أن دور العروس الأنثوية سلبياً فعلى سبيل المثال إذا تم التزاوج بين العروس الذكرية والعروس



F1

الأنثوية يكون:

الآباء	XX أنثى	×	XO ذكر
الأعراس	X	×	X O
الجيل الأول	XX أنثى		XO ذكر

حيث أنه في الانقسام الاختزالي تنتج الأنثى نوع واحد من الأعراس هو X أما الذكر فينتج نوعين من الأعراس X و O ويكون جنس المولود حسب نوع العروسين المتلاقيين.

نموذج تحديد الجنس XX و XY

يتلخص بوجود زوج من الصبغيات الجنسية في أحد الجنسين ويرمز له XX وصبغي جنسي في الجنس الآخر XY كما في الانسان. ويكون التركيب الوراثي لها:

الأنثى = الأزواج الجسمية + زوج جنسي XX ويمكن كتابتها (A+XX).

الذكر = الأزواج الجسمية + الصبغي XY ويمكن كتابتها (A+XY).

أي أن دور العروس الأنثوية سلبياً فعلى سبيل المثال إذا تم التزاوج بين العروس الذكرية والعروس الأنثوية يكون :

الآباء	XX أنثى	×	XY ذكر
الأعراس	X	×	X Y
الجيل الأول	XX أنثى		XY ذكر

ويوجد عكس ذلك في الدجاج والأسماك والفراشات أي أن الأنثى هي التي تحدد الجنس ويكون تركيبها الوراثي XY بينما الذكر يكون XX .

ويوجد التركيب الوراثي XXY وهم ذكور ولكنهم غير طبيعيين.

كما يوجد التركيب الوراثي X وهم اناث ولكنهم غير طبيعيين.

والجدير بالذكر أن كلا النوعين عقيمين.

وراثة الجنس في النباتات:

1- السبانخ يتميز بوجود صبغي جنسي حيث تكون النباتات المؤنثة XX والنباتات المذكرة XY.

2- الخيار المؤنث : هو وجود مورثات سائدة تؤدي إلى تحويل الخيار من نبات وحيد الجنس وحيد المسكن إلى نبات ينتج أزهار مؤنثة فقط.

3- الذرة الصفراء: تتميز بأنها وحيدة الجنس وحيدة المسكن أي أن النبات الواحد يحوي أزهار مذكرة أعلى النبات وأزهار مؤنثة (العرنوس) في وسط النبات ويمكن تمييز نوعين من التراكيب الوراثية:

- وجود المورث bsbs يؤدي الى وجود نباتات تكون فيها القولحة خالية من البذور والنورة المؤنثة خالية من الحرائر.

- وجود المورث tsts يؤدي إلى تحويل النورة المذكرة إلى مؤنثة ونتج فيها حبوب أي يصبح النبات مؤنثاً

ويتفوق المورث Ts في تأثيره على المورث ts والمورث Bs على bs حيث يمكن ملاحظة ثلاثة أنواع من نباتات الذرة:

التركيب الوراثي	الشكل المظهري
Bs- Ts-	وحيد الجنس وحيد المسكن (طبيعي)
bsbs Ts-	مذكر
Bs- tsts	مؤنث

ويكون النبات المذكر مسؤولاً عن تعيين الجنس لأنه ينتج نوعين من المورثات ويؤدي التكاثر في هذه السلالة إلى المحافظة على نفس النسب الجنسية في النسل بشكل دائم.

جدول يبين الاختلافات في النظام الصبغي لتحديد الجنس

نوع الكائن	الجنس غير متماثل الخلايا التوالدية	الخلايا التوالدية		اللاقحات	
		إناث	ذكور	إناث	ذكور
الإنسان، الدروسوفيلا، الثديات	الذكر	X	X أو Y	XX	XY
		X	X أو O	XX	XO
الطيور، الأسماك والفراشات	الأنثى	X أو Y	X	XY	XX
		X أو O	X	XO	XX

الصفات المرتبطة بالجنس في الإنسان:

تتواجد المورثات التي تتحكم في صفة عمى الألوان على الصبغي X في الانسان وتوجد 8% في الذكور و0.5% في الاناث.

وقد فسر ذلك العالم ولسون عام 1911 بقوله:

إذا فرضنا أن المورث المتنحي المسؤول عن هذه الحالة موجود على صبغي جنسي هو X لذا فإن الذكور تنقل الصفات الموجودة على المورث X فقط الى نسله من الإناث حيث أنه لا يعطي نسله الذكور سوى المورثات الموجودة على الصبغي Y بينما تعطي الأم المورثات X على كل أبنائها.

وعلى ذلك فإن الذكور من الأم المصابة يكون جميعهم مصابون بعمى الألوان بغض النظر عن حالة الأب الذكر.

وإذا كان الأب طبيعياً فإن جميع الإناث طبيعيين ولكنهم حاملات للمورث المرضي ويكون تأثيره محجوب بسبب وجوده مع المورث السائد.

أما الذكور فنصفهم طبيعي ونصفهم الآخر مصاب.

وانه لابد من تزاوج ذكر مصاب بعمى الألوان مع أنثى حاملة للمورث حتى تنجب أنثى مصابة بعمى الألوان وهذه التزاوجات نادرة نسبياً مما يجعل الاصابة بالمرض عند الذكور أكثر وضوحاً عما هو في الإناث.

ويمكن تمثيل ذلك بالمخطط التالي:

مخطط يوضح وراثة صفة عمى الألوان في تزاوجات مختلفة عمى الألوان حيث المورث G سائد على المورث g المسؤول عن مرض عمى الألوان.

1- تزاوج بين ذكر طبيعي وأنثى طبيعية حاملة للمرض:

P:	الأنثى	×	الذكر	
	X^GX^g		X^GY	
F1:	$X^G X^G$ أنثى طبيعية	X^GY ذكر طبيعي	X^GX^g أنثى طبيعية حاملة للمرض	X^gY ذكر مصاب

2- تزاوج بين ذكر مصاب وأنثى طبيعية:

P:	الأنثى	×	الذكر	
	X^GX^G		X^gY	
F1:	$X^G X^g$ أنثى طبيعية حاملة للمرض	X^GY ذكر طبيعي	X^GX^g أنثى طبيعية حاملة للمرض	X^GY ذكر طبيعي

3- تزاوج بين ذكر طبيعي وأنثى مصابة:

P:	الأنثى	×	الذكر	
	X^gX^g		X^GY	
F1:	$X^G X^g$ أنثى طبيعية حاملة للمرض	X^gY ذكر مصاب	X^GX^g أنثى طبيعية حاملة للمرض	X^gY ذكر مصاب

4- تزاوج بين ذكر مصاب وأنثى حاملة للمرض

P:	الأنثى	×	الذكر	
	X^GX^g		X^gY	
F1:	$X^G X^g$ أنثى طبيعية حاملة للمرض	X^GY ذكر طبيعي	X^gX^g أنثى مصابة	X^gY ذكر مصاب

اسئلة وتمارين:

1- كيف يتحدد جنس اللاقحة ذكر أم أنثى في الحشرات غشائية الأجنحة؟

2- هل يتماثل دور الصبغي Y في ذبابة الخل مع مثيله في الانسان؟

3- نتيجة للظاهرة الشاذة في كل من الانسان وذبابة الخل فقد عثر على أفراد رمزهم الصبغي فيما يختص بالصبغيات الجنسية XXY و X فما هو جنس هذه الأفراد الشاذة.

الجلسة العملية العاشرة

العقم الذكري Mail sterility

عدم التوافق الذاتي Incompatibility

العقم الذكري:

يمكن تعريف العقم الذكري بأنه عدم قدرة حبوب اللقاح على تلقيح البويضات. وإن عجز حبوب اللقاح على إخصاب أزهاره أو أزهار نبات آخر يكون مرده:

إما أن تكون حبة اللقاح عاجزة عن الإخصاب أو أن الأسدية عقيمة مثل الجزر الذي تتحول فيه الأسدية إلى تراكيب بتلية أو عدم تفتح المتوك.

وهناك ثلاثة أنواع من العقم هي:

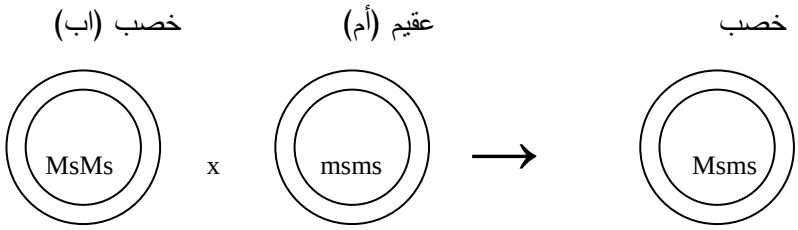
العقم الذكري الوراثي (Genetic – Male Sterility).

العقم الذكري السيتوبلازمي (Cytoplasmic – Male Sterility).

العقم الذكري الوراثي – السيتوبلازمي (Genetic- Cytoplasmic Male Sterility).

أولاً– العقم الذكري الوراثي (Genetic male sterility): ينتشر في جميع النباتات ثنائية المجموعة الكروموزومية ويتحكم فيه عامل وراثي واحد متنح (ms) إلا أنه قد يتفاعل عاملان وراثيان أو أكثر لإعطاء صفة الحكم.

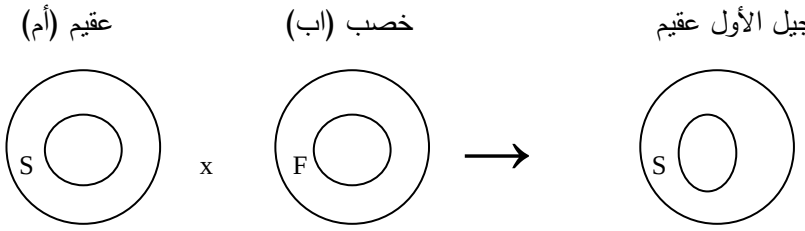
يكون التركيب الوراثي (msms) عقيم دائماً بينما التركيبين الوراثيين MsMs , Msms خصبين دائماً .



العقم الذكري السيتوبلازمي: Cytoplasmic male sterility

يحدث عند وجود العامل S المسؤول عن العقم في السلالات العقيمة بينما يكون العامل F مسؤولاً عن الخصوبة ويتواجد في السيتوبلازما.

ويكون الهجين الناتج من تهجين سلالة عقيمة سيتوبلازمياً مع سلالة خصبة دائماً الجيل الأول عقيم وذلك لأن السيتوبلازما من الأم.



تنتقل صفة العقم الذكري السيتوبلازمي عن طريق التهجين الرجعي مع السلالة العقيمة وتستعمل السلالة التي يراد نقل صفة العقم اليها كاب وبعد 6–8 تهجينات رجعية نحصل على سلالة تشبه الأب عدا صفة العقم.

يتم المحافظة على السلالة العقيمة بتلقيحها مع السلالة الحافظة (Iso line) والتي تشبه السلالة العقيمة في كافة الصفات فيما عدا أنها خصبة.

العقم الذكري الوراثي– السيتوبلازمي (Genetic- Cytoplasmic male sterility)

تشبه العقم الذكري السيتوبلازمي بكونه يحمل مورث العقم في السيتوبلازما S ومورث الخصوبة F في سيتوبلازما السلالات الخصبة. ولكن هنا يوجد عامل وراثي آخر سائد في النواة يسمى جين الإرجاع R لأن وجوده يؤدي إلى إرجاع الخصوبة للنبات.

ويمكن توضيح الأشكال المظهرية للنبات حسب تركيبه الوراثي:

السيتوبلازما	النواة	حالة النبات
S	RR	خصب
S	‘rr	عقيم
S	Rr	خصب
F	RR	خصب
F	Rr	خصب
F	‘rr	خصب

تورث صفة العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي كأي صفة مندلية بسيطة مع ملاحظة أن السيتوبلازما تورث عن طريق الأم.

التلقيح	الأم (عقيمة ذكرياً)	الأب (خصب ذكرياً)	التركيب الوراثي	الشكل المظهري
1	Srr	Frr	Srr	عقيم
2	Srr	FRR	SRr	خصب
3	Srr	SRr	SRr Srr	عقيم خصب
4	Srr	FRr	SRr Srr	عقيم خصب

تنقل صفة العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي عن طريق التهجين الرجعي وبعد 6–8 تهجينات نحصل على سلالة تشبه الأب فيما عدا كونها عقيمة ذكرياً.

كما يتم المحافظة على السلالة العقيمة بتهجينها مع السلالة الحافظة Iso line كما يلي:

$$Frr \times Srr \rightarrow Srr$$

الجينات المعلمة: Marker Genes

هي جينات تتحكم في صفات بسيطة في وراثتها ويمكن تميزها بسهولة والتعرف عليها في طور البادرة. فقد يكون المورث المعلم شديد الارتباط بالمورث الخاص بالعقم الذكري أو عندما يكون مورث العقم الذكري نفسه ذو تأثير على صفة أخرى فمثلاً في البطيخ مورث متنحي يجعل النبات عقيماً وذا أوراق ملساء. كما يوجد في الخس ثلاثة مورثات متنحية ms3, ms2, ms1 يؤدي وجودها مجتمعة بحالة أصيلة إلى جعل النبات عقيم الذكر وذا أوراق ضيقة وقمتها حادة وتكون النباتات الخصبة الذكر ذات أوراق طبيعية بحيث يمكن تمييزها بسهولة وإزالتها من خطوط الأمهات.

عدم التوافق الذاتي: Incompatibility

يمكن تعريف عدم التوافق الذاتي بأن النبات ينتج حبوب طلع خصبة إلا أنه لا يمكنها تلقيح نفس النبات (تلقيح ذاتي) كما لا يمكنها تلقيح نبات آخر يحمل نفس عوامل عدم التوافق. ويستفاد من ظاهرة عدم التوافق لإنتاج كثير من الهجن التجارية.

وهناك عدة أشكال لعدم التوافق الذاتي منها:

1- يقل إنبات حبوب اللقاح نتيجة حدوث تفاعل بين حبوب اللقاح وأنسجة الميسم . ويمكن التفوق على هذه الظاهرة بهرس أو قطع الميسم.

2- تنبت حبوب اللقاح بصورة طبيعية ثم يتوقف نمو أنبوبة اللقاح.

3- قد تنمو أنبوبة اللقاح وتلقح البيضة إلا أنه يحدث تدهور للبيضة الملقحة.

يتحكم العامل وراثي واحد (S) في إنبات حبوب اللقاح على مياسم أزهار معينة دون غيرها. وتوجد سلسلة من هذا الجين S_3, S_2, S_1, S_f

ويكون النبات الثنائي إما نقياً S_1S_1 أو خليطاً S_1S_2، S_1S_3 ، S_2S_3

الأب	الأم	حبوب اللقاح القادرة على الإخصاب	النسل
S_1S_1	S_1S_1	لا يوجد	
S_1S_2	S_1S_1	S_2	S_1S_2
S_1S_2	S2S3	S_1	S_1S_3 , S_1S_2
S_1S_2	S3S4	S_1 , S_2	S_2S_4, S_2S_3, S_1S_4, S_1S_3
S_1S_f	S1S2	S_f	S_2S_f, S_1S_f
S_1S_2	S1Sf	S_1, S_2	S_2S_f, S_1S_2, S_1S_f, S_1S_2

ملاحظة: العامل الوراثي Sf وجوده في التركيب الوراثي للنبات الأم يجعل النبات متوافقاً مع أي تركيب وراثي آخر وقد وجد كطفرة في نبات الخس.

مثال:

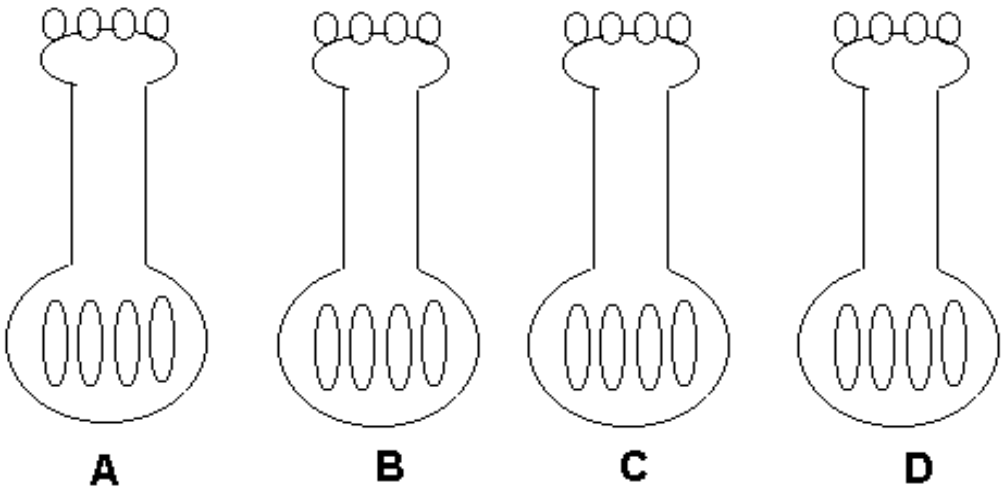
إذا كانت لدينا السلالات الأربعة A. B, C, D

وكانت السلالتين A وB تنمو حبوب اللقاح ببطيء شديد.

السلالة C تنمو جميع حبوب اللقاح بشكل طبيعي ويحدث الاخصاب.

السلالة D تنمو حبوب اللقاح من النوع S2 فقط بشكل طبيعي.

S1S3x S1S3 **S2S4 X S2S4** **S1S3 X S2S4** **S1S3 X S1S2**



التهجينين في النموذجين A و B لا تنمو حبوب اللقاح.

النموذج C تنمو جميع حبوب اللقاح بشكل طبيعي ويحدث الاخصاب

النموذج D تنمو حبوب اللقاح من النوع S2 فقط بشكل طبيعي

مثال: لإنتاج هجين زوجي بالاستفادة من ظاهرة عدم التوافق الذاتي نجري مايلي:

أولاً– نقوم بإنتاج الهجن الفردين بتلقيح كل سلالتين على حدا A مع B وC مع D ثم نقوم بتهجين الجيل الأول AB مع CD

	الهجين الأول			**الهجين الثاني**		
	السلالة A	×	السلالة B	السلالة C	×	السلالة D
التركيب الوراثي	S_1S_1		S_2S_2	S_3S_3		S_4S_4
الهجين الفردي	AB		×	CD		
تركيبه الوراثي	S_1S_2			S_3S_4		
الهجين الزوجي	ABCD					
تركيبه الوراثي	S_1S_2 S_3S_4					

الجلسة العملية الحادية عشر

الصفات الكمية Quantitative Characters

هي الصفة التي يكون فيها استمرارية في القياس والتي تتدرج من مستوى لآخر دون وجود فواصل محددة بين المستويات (الطول، الغلة، موعد النضج .....الخ).

ونظراً لأن دراستها تستدعي القياس لذا تسمى الصفات المقاسة. وهناك بعض الصفات الكمية التي يتحكم فيها زوج واحد من المورثات وتدخل في الصفات البسيطة إلا أن الأغلبية يتحكم فيها عدد كبير من المورثات.

أكد ذلك التجربة التي قام بها العالم نلسون حيث أجرى تلقيح بين سلالتين من القمح أحدهما حمراء الحبوب والأخرى بيضاء الحبوب فكان الجيل الأول وسطاً بين صفتي الأبوين (السيادة غير تامة) أما في الجيل الثاني فتدرج لون الحبوب من الأحمر الغامق إلى الأبيض وكان الانعزال بنسبة 1: 4: 6: 4: 1 ويمكن تفسير ذلك أنه كلما زاد عدد الأليلات السائدة كلما زاد احمرار اللون (التأثير مجمعCumulative) وأن الصفة يتحكم بها زوجين من المورثات المتفارقة المتماثلة التأثير.

تحديد الفئات الانعزالية في الصفات الكمية:

هناك طريقتين لتحديد الفئات الانعزالية هما:

1- المعادلة ذات الحدين

2- مثلث باسكال Bascal's Triangle

أولاً المعادلة ذات الحدين: (س + ع)ن

نحصل على مفكوك المعادلتين كما يلي:

يكون المعامل العددي لكل من الحدين الأول والأخير دائماً عبارة عن الواحد.

يؤخذ أس (س) للحد الأول أي (ن) والذي يمثل المعامل العددي للحدي الثاني.

يضرب المعامل العددي للحد الثاني في أس (س) لهذا الحد أي (ن-1) ويقسم على (2) الذي هو ترتيب الحد الثاني ليعطي المعامل العددي للحد الثالث.

يضرب المعامل العددي للحد الثالث في أس (س) لهذا الحد أي (ن-2) ويقسم على 3 ليعطي المعامل العددي للحد الرابع. وهكذا مع ملاحظة أن يكون أسي الحدين تساوي ن.

مثال: إذا فرضنا أن صفة ما يتحكم فيها المورثات لها نوعين من الأليلات أحدهما يزيد الصفة (س) والآخر ينقص الصفة (ع) ولنفرض أن عدد أزواج المورثات خمسة أزواج فيكون مفكوك المعادلة ذات الحدين كما يلي:

$(س + ع)^2 = س^{10} + {}^{10}س^9ع + 45س^8ع^2 + 120\ س^7ع^3 + 210\ س^6ع^4 + 252\ س^5\ ع^5 +$
$210\ س^4\ ع^6 + 120\ س^3\ ع^7 + 45\ س^2\ ع^8 + 10\ س\ ع^9 + ع^{10}$

وبالتالي تكون نسبة الانعزال 1: 10: 45: 120: 210: 252: 210: 120: 45: 10: 1

أي أنه يوجد تركيب وراثي واحد يحتوي على الأليلات التي تزيد في الصفة وعشرة تراكيب وراثية تحتوي على تسعة أليلات تزيد الصفة وواحد ينقص الصفة و45 تركيب وراثي يحتوي كل منها على ثمانية أليلات تزيد الصفة وأليلين تنقص الصفة وهكذا .... حتى تحصل على تركيب وراثي واحد يحمل الأليلات العشرة التي تنقص الصفة ويكون المجموع الكلي لنسب التراكيب الوراثية 1024

ثانياً– مثلث باسكال Bascal's Triangle:

الانعزالات للفئات المظهرية

عدد الأليلات																			
1								1		1									
2							1		2		1								
3						1		3		3		1							
4					1		4		6		4		1						
5				1		5		10		10		5		1					
6			1		6		15		20		15		6		1				
7		1		7		21		35		35		21		7		1			
8	1		8		28		56		70		56		28		8		1		
9		9		36		84		126		126		84		36		9		1	
10	1		10		45		120		210		252		210		120		45		10		1

أي أن أي رقم هو حاصل جمع الرقمين اللذان فوقه.

ملاحظة: لاتستخدم سوى الانعزالات التي تقابل أعداد الأليلات الزوجية؟

يمكن الحصول على مجموع التراكيب الوراثية من المعادلة 4^{n} حيث ن عدد أزواج العوامل الوراثية الخليطة في الجيل الأول $(4)^{5} = 1024$.

المراجع:

الأسود، وليد – (1980). أساسيات علم الوراثة. مطبوعات جامعة حلب 300ص.

شهاب سعود وعدنان قنبر (2012). دليل الوراثة الكمية وتقنيات الاحصاء الحيوي في تربية النبات. مطبوعات دار النور–دمشق 255ص.

الطنطاوي، عبد العظيم ومحمود داوود وعبد الخالق مراد (2000). التطبيقات العملية لمبادئ علم الوراثة.

عبد المنعم حسن أحمد (1991). التحسين الوراثي. مطبوعات جامعة القاهرة 250 صفحة

عمر، عبد السلام أحمد ويوسف محمد خليل (1994). الإنتاج والعلاقه بين الوراثة والهندسة الوراثية. منشأة المعارف بالإسكندرية.

عيسى، بسام عبد المنعم (2008). علم الوراثة الحيوانية. منشورات جامعة دمشق–كلية الزراعة.255ص.

نجار خالد السبع وحسن محمود غزال (1998). أساسيات الاحصاء وتصميم التجارب. مديرية الكتب والمطبوعات– جامعة حلب. 288ص.

Arween H and Herskovetch (1983) Principles of genetics. 2nd edition. G. Willion

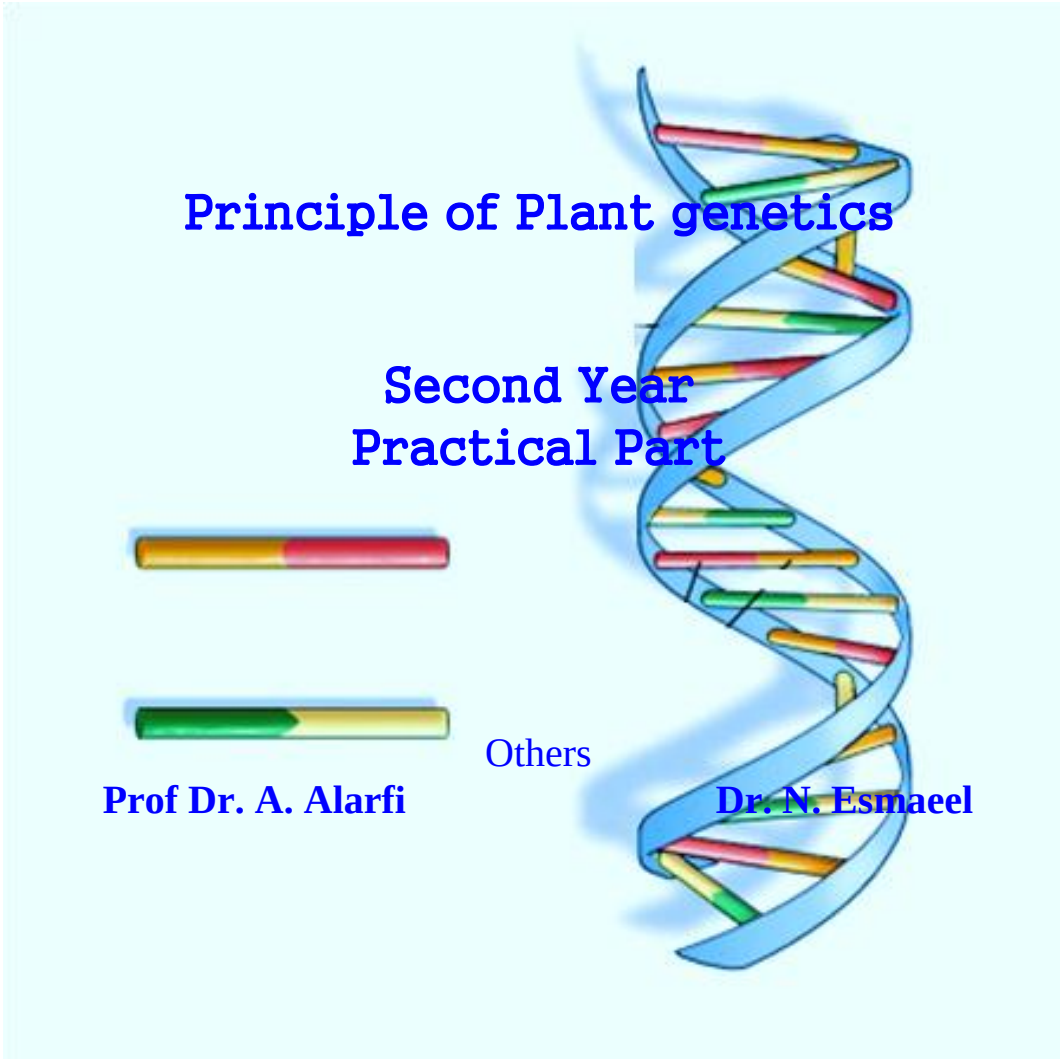
Falconer, D.S. (1960): Introduction to quantitive genetics. Printes in great britain for olivier and boyd, by robert Mac Lehose and comp. Lim Glasgow : P 281-286.

التدقيق اللغوي

تم تدقيق الكتاب من قبل الدكتور قحطان الفلاح
استاذ مساعد بقسم اللغة العربية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية – جامعة الفرات، فرع الحسكة.

جميع الحقوق محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية – جامعة الفرات

University of Al-Furat
Faculty of Science
Department of Science Life



Principle of Plant genetics

Second Year
Practical Part

Others

Prof Dr. A. Alarfi **Dr. N. Esmaeel**

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

1445- 2024