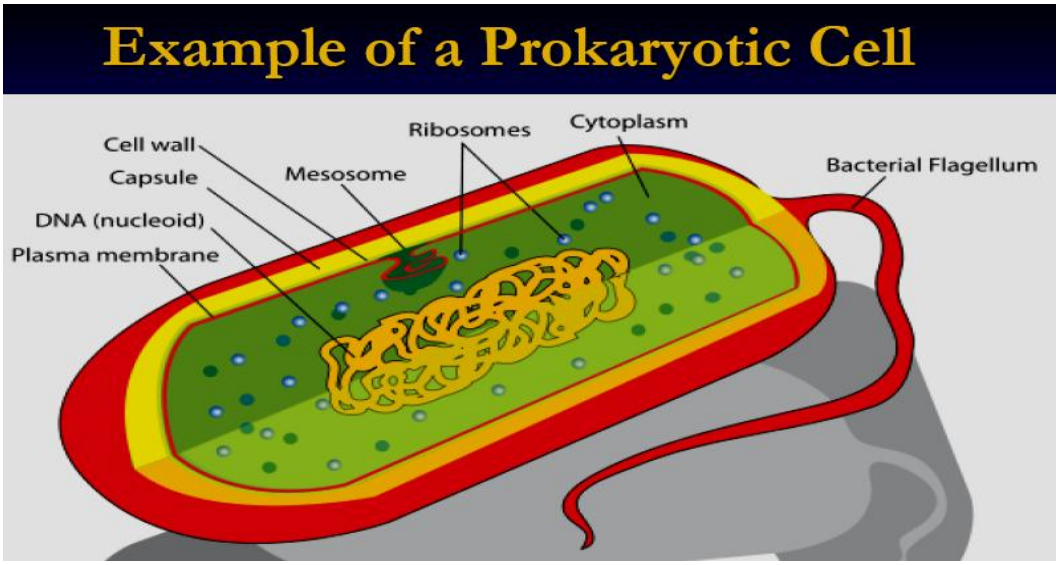
المحاضرة الأولى / الخلية

الخلية هي الوحدة الأساسية التركيبية والوظيفية الأساسية للحياة . وفي الكائنات وحيدة الخلية تعتبر الخلية كائن حي كامل بينما في الكائنات الراقية عديدة الخلايا فأنه يوجد تجمع لعدد كبير من الخلايا المختلفة والتي تنظم بكل دقة لتكون نسيجا والأنسجة المختلفة تكون عضوا ، والأعضاء المختلفة تكون الكائن الحي سواء كان نبات أو حيوان من خلال عملية النمو والتطور Development أو التغير الشكلي Morphogensis والتي يحدث خلالها تفاعلاتها كيماوية وتخصصات وظيفية .وبالرغم من تعدد النواتج التخصصية والوظيفية للخلايا إلا أن الخلايا متشابه إلي حد كبير في احتوائها علي عديد من العضيوات التي يتم فيها التفاعلات الكيماوية كذلك تتشابه في الأغشية البلازمية والأحماض النوويةDNA و RNA والتي تعمل كمكونات أساسية في ميكانيكية نقل المعلومات في جميع الخلايا .

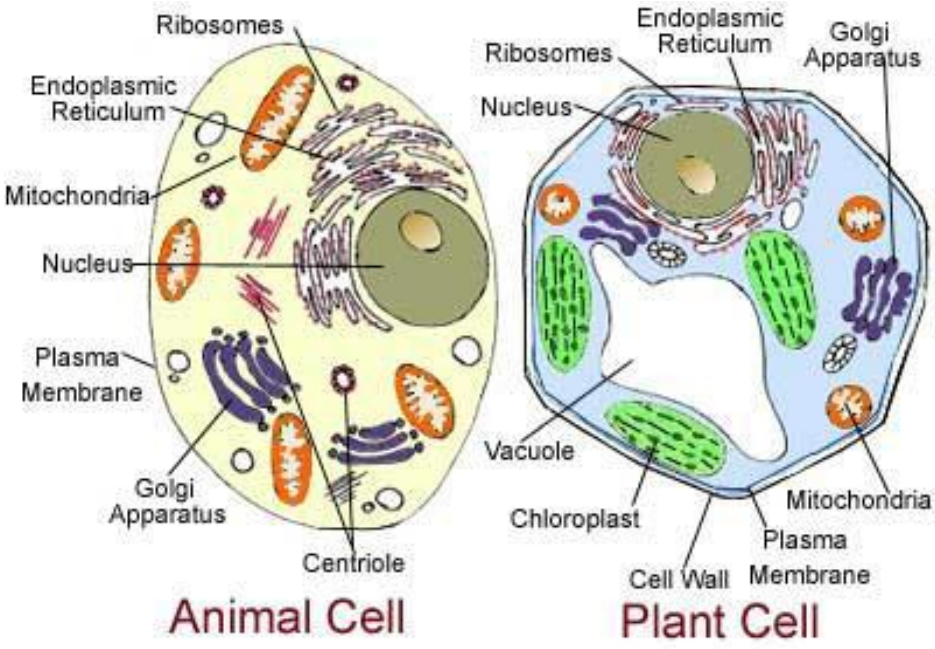
أ- الخلايا بدائية النواة prokaryotic cells الكائنات الأولية ذات الخلايا غير المحتوية على انويه محددة، وتشمل

١- خلايا البكتريا bacteria والتي يتراوح حجمها من ٠.٥-٤ مايكرون أي بقدر حجم المايتوكوندريا للخلايا الحيوانية والنباتية.
٢- الطحالب الخضراء المزرقة blue green algae وهي قادرة على التركيب الضوئي
٣- المايكوبلازما mycoplasma اصغر الكائنات الحية يبلغ قطرها ٠.١ مايكرون
٤- الفيروسات virus مركبات معقدة تتكون من جزيئة الحامض النووي وعدد من متعدد الببتيد بهيئة تركيب ثلاثي الابعاد



ب- الخلايا حقيقية النواة eukaryotic cells الكائنات ذات الخلايا المحتوية على انويه محددة وتشمل

١- الخلايا حقيقية النواة النباتية ٢- الخلايا حقيقية النواة الحيوانية



2-

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	تحتوي على عديد من الكروموسومات
عند التكاثر تنقسم انقساما مباشرا	عند التكاثر تنقسم انقساما مباشرا
لا تحتوي على أجسام كولجي	تحتوي على أجسام كولجي Golgi apparatus
الريبوزومات حرة في السايتوبلازم	الريبوزومات ملتصقة بالشبكة الاندوبلازمية

مقارنة بين الخلية النباتية الحقيقية النواة والخلية الحيوانية الحقيقية النواة

ت	الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
١	تحتوي على جدار سليلوزي (على الرغم من ان بعض الخلايا النباتية لا تمتلك جدار سليلوزي مثل الكميتات)	لا تحتوي على جدار سليلوزي
٢	تحتوي البلاستيدات الخضراء	لا تحتوي على البلاستيدات
٣	تمتلك فجوة عصارية كبيرة لغرض انتفاخ الخلية	قد تحتوي على فجوات صغيرة
٤	لها القدرة على التجديد وتكوين نبات جديد اذا ما توفرت الظروف الملائمة من المغذيات والهرمونات النباتية وتسمى هذه الخاصية Totipotency	لم تثبت خاصة Totipotency فيها

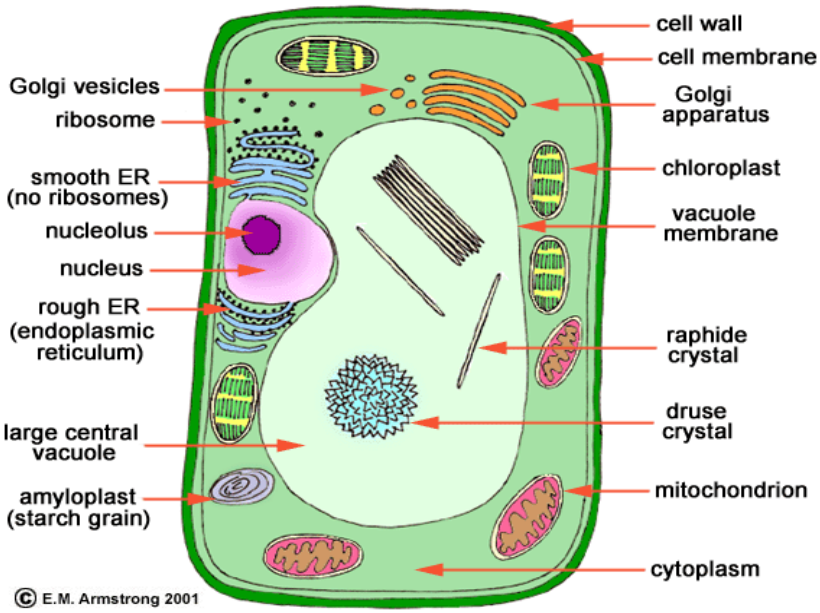
المحاضرة الثانية / (تركيب ووظيفة الخلية من الناحية الوراثية)

الخليـــة النبـــاتية The plant cell

تتكون الخلية النباتية من جزأين رئيسيين هما:-

أولا: الجدار

ثانيا : البروتوبلاست يضم (النواة Nucleus و السايتوبلازم Cytoplasm)



أولاً: الجدار الخلوى The cell wall

يعتبر جدار الخلية النباتية من أهم الصفات التى تميزها عن الخلية الحيوانية يختص بروتوبلاستها الخلية بتكوين هذا الجدار ليحيط به ويحميه.

وظائف الجدار الخلوى:

١- تمثل الجدر الخلوية حدودا بين الخلايا ذات الوظائف المختلفة.

٢- يحيط بالبروتوبلاست ويحميه ويحدد شكل الخلية واتساعها.

٣- يتكون من الجدر الخلوية معا هيكلا مترابطا يحفظ الشكل العام للنبات وأعضائه.

٤- قد تصل بعض الجدر الخلية إلى أعلى درجات التخصص بحيث يصبح عليها وحدها القيام بوظيفة الخلية مثل الأوعية والقصيبات وهى الوحدات الناقلة للماء والألياف وهى التى تقوم بتدعيم جسم النبات وكلاهما عبارة عن جدر خلوية فقط.

٥- تقوم جدر بعض الخلايا بدور هام فى عمليات مثل امتصاص الماء النتح وانتفاخ الثغور.

ويتركب الجدار الخلوي من :

١. الصفيحة الوسطى Middle lamella المادة البينية التى تلحم معا الجدارين الابتدائيين المتجاورين ولهذا فإن إذابتها بالمواد الكيميائية يؤدى إلى تفكك خلايا الأنسجة. تتركب الصفيحة الوسطى بصفة أساسية من بكتات الكالسيوم والماغنسيوم وتظهر فى حالة غير متبلورة بالميكروسكوب الإلكترونى.

٢. الجدار الابتدائى Primary wall عبارة عن طبقة واحدة تتركب أساسا من السليلوز وتختلط به مقادير متفاوتة من أنصاف السليلوز والمواد البكتينية. الكثير من أنواع الخلايا يكون لها جدار ابتدائى فقط. نظرا لأن الجدار الابتدائى يتكون قبل أن تصل الخلية لتمام نضجها بأن له القدرة على الزيادة فى الرقعة السطحية لكى يتواءم مع نمو الخلية، ولذا يوصف بأنه مرن. المرونة التى يتميز بها الجدار الابتدائى ترجع إلى احتوائه على كمية كبيرة من السليلوز غير المتبلور وإلى المسام الشعرية الدقيقة التى تكون ممتلئة بالمركبات البكتينية المحبة للماء. تنتشر بالجدار الابتدائى مناطق رقيقة تسمى بالرقعات النقرية الابتدائية Primary pit fields يمتد خلالها تجمعات من روابط بلازمية Plasmodesata

٣. الجدار الثانوى Secondary wall

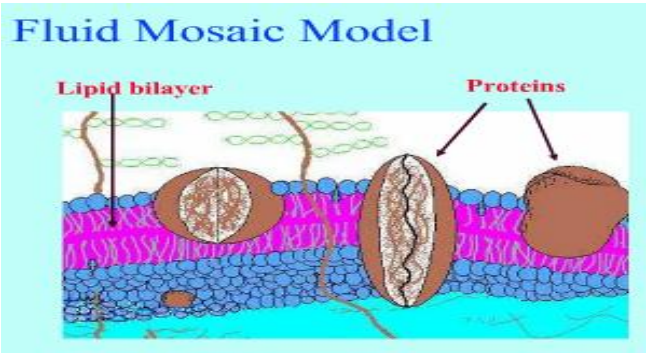
يلى الجدار الابتدائى فى ترتيب الظهور حيث يقوم البروتوبلاست بترسيبه على السطح الداخلى، للجدار الابتدائى فى بعض أنواع الخلايا، عندما تصل الخلية لحجمها الكامل ويتحدد شكلها.

الخلايا التى يتكون لها جدار ثانوى تكون وظيفتها التقوية والتدعيم ومن ثم فإنها تكون عادة خالية من البروتوبلاست. ورغم هذا فإن بعض الخلايا مثل بارنكيما الخشب تكون الخلايا حية رغم احتوائها على جدار ثانوى.

لا يترسب جدار ثانوى على مناطق الرقعات النقرية الابتدائية، ومن سمى يحتوى الجدار الثانوى على تجاويف صغيرة تسمى النقر P its تتنوع فى شكلها وحجمها وتركيبها وعمقها.

تتركب النقرة:(١- غشاء النقرة Pit membrane ٢- تجويف النقرة Pit cavity ٣- فوهة النقرةPit aperture)

أنواع النقر: (أ- النقر البسيطة Simple pits:. ب- النقر المضفوفة Bordered pits)



ثانياً: البروتوبلاست *Protoplast*

يتكون بروتوبلاست الخلية من مكونات بروتوبلازمية متخصصة وأخرى غير بروتوبلازمية.

أ-المكونات البروتوبلازمية *Protoplasmic components*

١- السيتوبلازم *Cytoplasm*

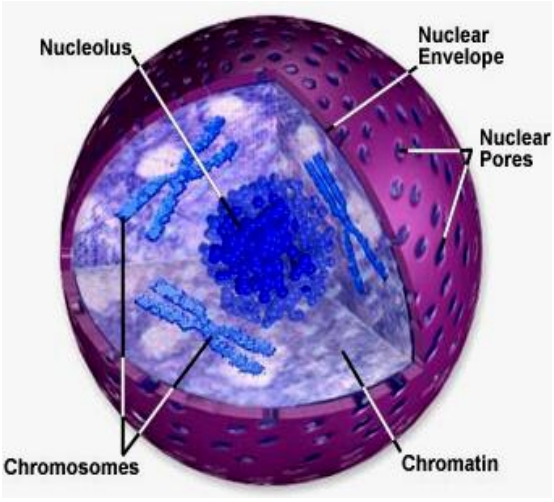
هو مادة الأساس فى الخلية، يملأ معظم فراغ الخلية المرستيمية، أما فى الخلية البالغة فيكون طبقة رقيقة تبطن جدارها وتحيط بفجوة مركزية كبيرة الحجم.

أوضحت الدراسة بالميكرسكوب الإلكترونى أن السيتوبلازم يغلف بغشاء سيتوبلازمى يسمى الغشاء البلازمى الخارجى Ectoplast هذا الغشاء مرن رقيق يتراوح سمكة بين ٧٥- ١٠٠ أنجستروم.

تحتوى الخلية على فجوة عصارية Vacule، أو أكثر، تحتوى على العصير الخلوى ويفصلها عن السيتوبلازم غشاء بلازمى الداخلى(أو الفجوى) Tonoplast.

يحتوى السيتوبلازم على جهاز غشائى يسمى بالشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum،يتكون من تجاويف فى شكل قنوات ضيقة تحاط على جانبيها بغشائين، تحتوى التجاويف بين الغشائين على مادة طبيعتها غير معروفة.تتصل تفرعات الشبكة الإندوبلازمية بغلاف النواة. فى بعض مناطق الشبكة الإندوبلازمية، يتجمع على سطحها العديد من تراكيب دقيقة الحجم تسمى الريبوسومات Ribosomes، ولهذا يكون ملمسها خشنا وتسمى هذه المناطق بالشبكة الإندوبلازمية الخشنةRough endoplasmic reticulum من الريبوسومات تسمى بالشبكة الإندوبلازمية الملساء Smooth endoplasmic reticulum.

٢- النواة *Nucleus*



تتركب النواه من:

أ. غلاف النواة Nuclear membrane

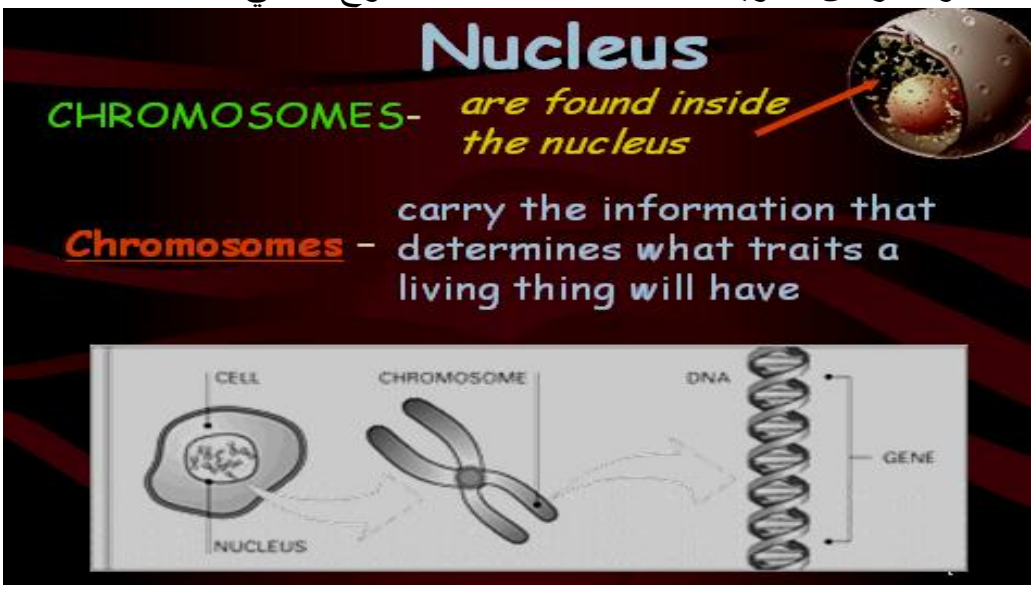
ب. الشبكة الكروماتنية Chromatin reticulum

جـ. النوية Nucleolus

د. العصير النووى Nucleoplasm

اكتشفت النواة سنة ١٨٣٥ بواسطة العالم Robert Brown ومنذ ذلك الحين نالت كما هائلا من البحوث لدراسة دورها المؤثر المتحكم في التوريث والنشاط الخلوي . فالنواة تتحكم وتدير تمثيل جميع البروتينات التي تتضمن الأنزيمات التي تساعد علي معظم أن لم يكن جميع التفاعلات التمثيلية في الخلية .

والنواة في الخلية الصغيرة عبارة عن جسم كروي منغمس في السيتوبلازم . وفي الخلية الناضجة تسكن النواة في أحد جوانب الخلية بتأثير تكون الفجوة العصارية . وقطر النواة ٥ – ١٠ ميكرون وتحاط النواة بغشاء مزدوج يعرف بالغلاف النووي Nuclear envelope وهو متصل بالشبكة الاندوبلازمية كما يحوي هذا الغلاف مسام أو ثقوب Pores ويظهر اتصال بين السيتوبلازم والعصير النووي . والعصير النووي يتركب من طورين احدهما تركيبي شبكي الشكل من خيوط تسمي كروماتين والذي يتكون من DNA والبروتينات . والطور غير التركيبي يبدو كمواد حبيبية وتسمي العصير النووي Nuclear sap وتوجد في النواة كميات جوهرية أساسية من الـ DNA و الـ RNA والليبيدات والفوسفوليبيدات وبروتين معين يسمي هستون بالإضافة لبعض الأنزيمات . وفي الطور التمهيدي لانقسام الخلايا تحتوي النواة علي واحدة أو أكثر من النويات Nucleolus حسب النوع النباتي



شكل (١٢)النواة

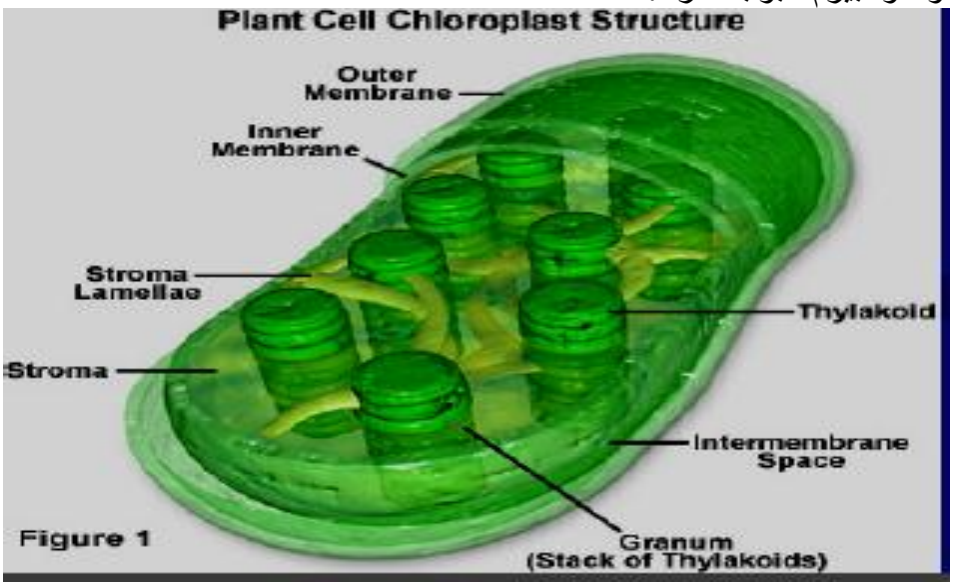
النواة في الخلايا المصبوغة هي أكثر الأجسام التي تظهر في الخلية ويرجع هذا إلى وجود مادة الكروماتين التي لها القدرة على الاتحاد بمادة الأصباغ ، ويظهر مقطع في النواة على هيئة مناطق تكون مصبوغة بشدة وهي مناطق Heterochromation ،،، كما تحتوى النواة على الكروموسومات Chromosomes التي تحمل العوامل الوراثية أو الجينات ، وتوجد هذه الكروموسومات دائما في أزواج ، وزوج كل كروموسوم متماثلان تماما ، كما يوجد بجانب الكروموسومات النوية Nucleolus وهي عبارة عن جسم مستدير الشكل يقبل الصبغة ،، كما تحتوي النواة على أكثر من نوية ، و النوية تحتوي على نسبة كبيرة من الـ RNA ، كما تحتوي النواة على السائل النووي Nuclear sap وهو سائل شفاف يتكون من مادة بروتوبلازمية معقدة التركيب وتحاط النواة بغشاء يسمى غشاء النووي. الجزء الهام في النواة والذي يهمنا من ناحية الوراثة هي الكروموسومات وهي عبارة عن أجسام مستطيلة الشكل .

البلاستيـدات Plastids

البلاستيدات هي عضيوات مميزة للنبات وهي عادة مستديرة أو بيضيه أو قرصية الشكل قطرها حوالي ٤-٦ ميكرون وتحاط بغشاء مزدوج وبداخلها حشوة تحاط البلاستيدات بغشاء مزدوج يسمي الغلاف Envelope مع تراكيب أخري في الحشوة أو الاستروما Stroma تسمي الجرانات وهي علي شكل أقراص وتتكون من ٥-٥٠ من الأكياس المفلطحة وهي التي تحوي الكلور وفيلات و البلاستيدات تحوي عادة DNA و RNA ولهذا فهي يمكن أن تتكاثر مستقلة عن انقسام الخلية ويعتقد أنها تنشأ من البلاستيدات الأولية Proplastids

أقسام البلاستيدات

١- البلاستيدات الأولية وهي التي تنمو وتكون البلاستيدات .Leucoplastids : وهي البلاستيدات عديمة اللون لا تحتوى على الكلوروفيل والكاروتينات. وتنتج بروتينات وزيوت ويمكنها ان تخضر اذا تعرضت للضوء .
٢- Chloroplasts : وهي بلاستيدات تحوي صبغات الكلوروفيلات والكاروتينات وتظهر بلون اخضر لتغلب لون الكلوروفيل ولزيادة تركيزه وتقوم بالتمثيل الضوئي.
٣- Chromoplasts :وتحتوي فقط علي صبغات الكاروتينات. وظيفتها لازالت مبهمة ولكنها مسئولة عن تلون أوراق الخريف والأزهار والثمار الناضجة حيث تتراكم بها الكاروتينات والصبغات الأخرى كما في الطماطم .
٤- Amyloplastids: وهي البلاستيدات النشوية وهي تلعب دورا هاما في تمثيل النشا في خلايا أعضاء معينة مثل درنات البطاطس واندوسبيرم حبوب الذرة .



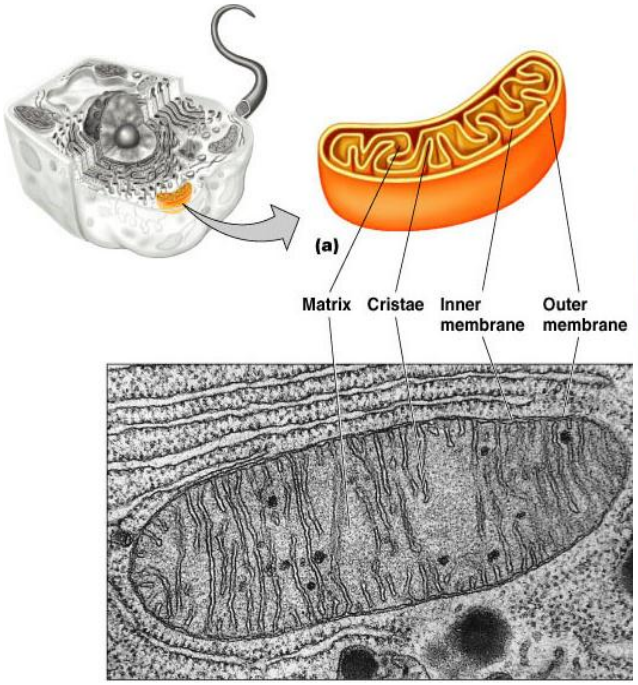
(صور ورسم تخطيطي يوضح تركيب البلاستيدات الخضراء)

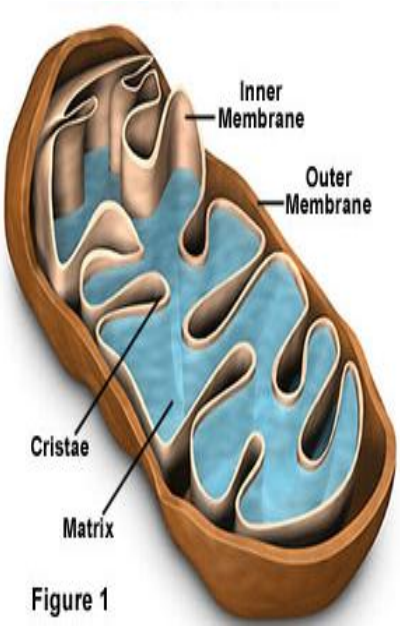
جـ. البلاستيدات الملونة *chromoptasts*

بلاستيدات تحتوى على صبغات كاروتينية Carotenoids تكسبها لونا أصفر أو برتقالى أو أحمر، وتعطى البلاستيدات بدورها هذه الألوان لبعض الأعضاء النباتية إذا وجدت بها، مثل بعض الثمار والبذور وبتلات الأزهار.

٤- الميتوكندريا *Mitochondria*

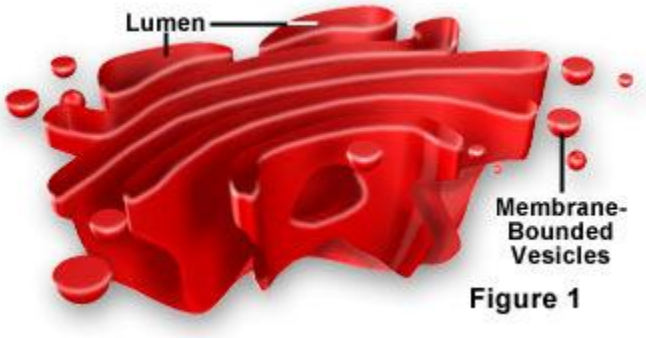
تتركب الميتوكندريا من حشوة 'Matrix بروتينية تحتوى على ريبوسومات وجزيئات من DNA والإنزيمات الخاصة بعملية التنفس، وتحاط بغلاف مزدوج الأغشية. الغلاف الخارجى لغلاف الميتوكندريا يكون مرن وأملس، أما الداخلى فإنه يمتد داخل الحشوة فى صورة إنثناءات أو طيات Cristae أنبوبية الشكل.





(صور ورسم تخطيطي يوضح تركيب الميتوكوندريا)

٥- الديكتوسومات Dictyosomes



تعرف هذه التراكيب البروتوبلازمية أيضا بأجسام جولجى Golgi Bodies ويتألف الواحدة منها من صفائح غشائية متراصة فوق بعضها البعض يتراوح عددها من ٤- ٨ وتسمى cisternae.

أوضحت الدراسات الحديثة أن للديكتوسومات وظيفة إفرازية، حيث يتجمع الناتج الإفرازى فى الحويصلات التى تحمله إلى مكان الحاجة إليه فى الخلية. المواد المفرزة قد تدخل فى تركيب جدار الخلية أو تفرز للخارج.

٦- الريبوسومات Ribosomes

توجد في الخلية أما بمصاحبة الشبكة الاندوبلازمية أو حرة في السيتوبلازم أو في الميتوكوندريا أو البلاستيدات ويتراوح قطرها بين ٠.١ – ٠.٣ ميكرون وتحتوي علي ٥٠-٦٠ % حمض RNA و ٤٠ – ٥٠ % بروتين أي أنها عبارة عن تجمع من جزيئات الـ RNA والبروتين ويطلق علي

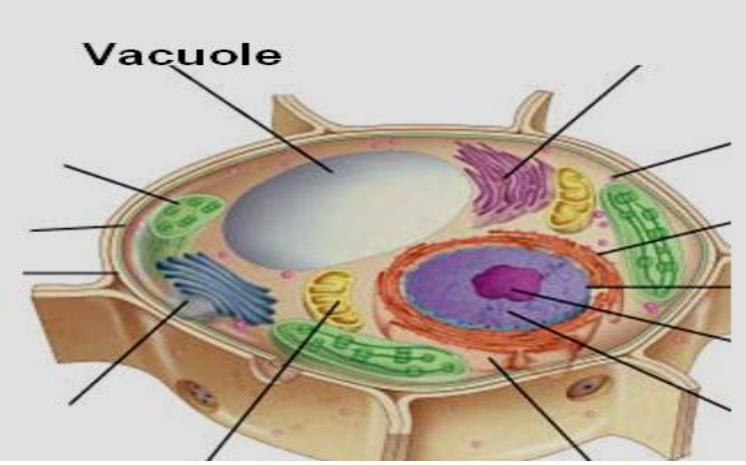
الـ RNA المشترك في بناء الريبوزوم بـ RNAالريبوزومي (r- RNA) وتوجد الريبوزومات عادة في مجاميع عنقودية أو في شكل سبحي أو عديدات الريبوزومات Polyribosomes وهي الأماكن النشطة لتمثيل الببتيدات عندما ترتبط بالـ RNA الرسول أو(m-RNA)

ب-المكونات غير البروتوبلازمية

تمثل هذه المكونات نواتج عمليات التحويل الغذائى، ولهذا قد تظهر أو تختفى كليا أو جزئيا على فترات مختلفة زائدة عن حياة الخلية، أحيانا تمثل هذه المكونات مواد مختزنة من حاجة الخلية. توجد هذه المكونات فى الفجوات العصارية أو السيتوبلازمية أو الجدار الخلوى، وهى أما ذائبة أو صلبة أو فى حالة غروية، وهى إما عضوية أو غير عضوية. هذه المكونات يتألف منها الجزء غير الحى فى الخلية وتتنوع فوائدها وأهميتها الاقتصادية. ولهذا سوف يكتفى بأهم المكونات الشائعة فى النباتات الزهرية.

١. الفجوات والعصير الخلوى

الفجوة عبارة عن تجويف داخل سيتوبلازم الخلية يحتوى على سائل مائى يعرف بالعصير الخلوى. تعتبر الفجوة العصارية من مميزات الخلية النباتية، وتختلف حجمها وشكلها من خلية إلى أخرى. تتميز الخلية بأن فجواتها كثيرة ودقيقة جدا خلايا الكامبيوم ذات فجوات عصارية كبيرة. أما فى الخلية البارنكيمية، فعادة توجد فجوة واحدة كبيرة فى وسط الخلية أو بضعة فجوات كبيرة.

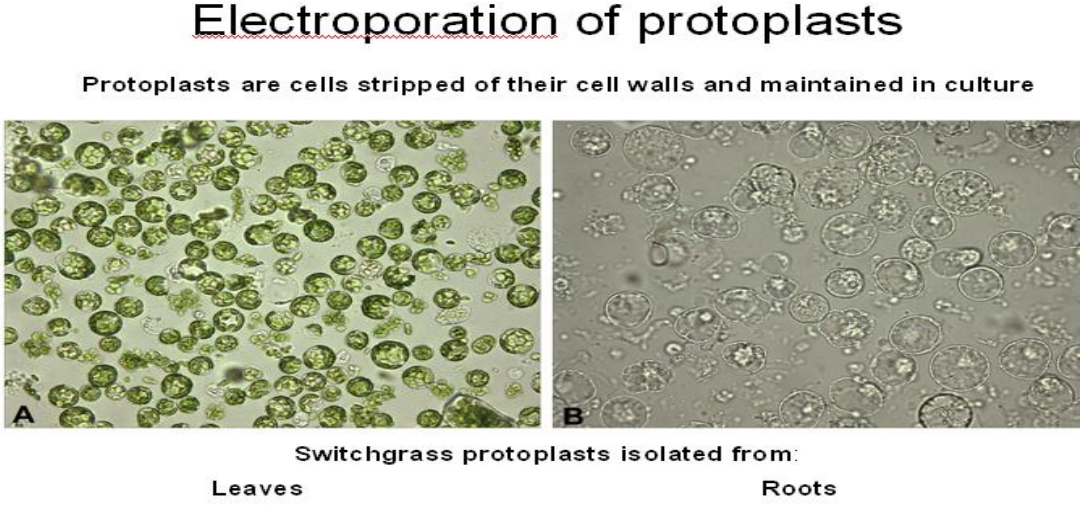


الأنابيب الدقيقة Microtubules

هي تراكيب مستطيلة مجوفة لا غشائية قطرها ١٠-٢٠ انجستروم وهي تعتبر جزيئات كبيرة بروتينية ويسمي البروتين B – tubulin ، ويمكن تسميته بروتين انبوبى حيث توجد متلاصقة مع سنترومير الكروموسومات والخيوط المغزلية خلال الانقسام الميتوزي . وتشترك في انفصال وهجرة الكروموسومات المتماثلة لقطبي الخلية كما تساعد في تكوين الجدار الخلوي . كما تعتبر تحت تراكيب للاسواط والفلاجلات والأهداب في الخلايا النباتية ذاتية الحركة

الأجسام الدقيقة Micro bodies

وهي الجليوكسيزومات والبيروكسيزومات والاسفيروزومات ، تلك الجسيمات يطلق عليها الأجسام الدقيقة وقطرها ١-٢ انجستروم يحيط بها غشاء فردي وهي لا تشابه البلاستيدات أو الميتوكوندريا حيث لا يشاهد بها أي تراكيب غشائية إلا أنها تحتوي علي بروتينات داخلية كثيفة جدا . وتوجد الجليوكسيزومات في انسجة البذور الزيتية حيث يتحول الدهن الي كربوهيدرات وتلك العملية يصاحبها أنزيمات دورة الجليوكسلات وتوجد كلها في الجليوكسيزومات . اما البيروكسيزومات فهي تشابه مظهريا الجليوكسيزومات وتحتوي علي عدد من نفس أنزيماتها ولها دور في تمثيل الجليكولات المنتجة بواسطة البلاستيدات الخضراء وتبين الملاحظات ان البيروكسيزومات تصاحب عملية التمثيل الضوئي في بعض النباتات . والاسفيروزومات أي الأجسام الكروية ما هي إلا أجسام صغيرة أو جسيمات تحتوي علي أنزيمات مثل أنزيمات Hydrolases وأنزيمات تحليل مائي أخرى مثل الـProteases(أنزيمات تحليل البروتينات) و Ribonucleases (أنزيمات تحليل أل أحماض النووية) وأنزيمات الفسفرة والاسترة ويبدو أن وظيفتها في الخلية هو تخزين وانتقال الليبيدات .



شكل (١١) خلية البروتوبلاست في الأوراق والجذور

٢. الكربوهيدرات Carbohydrates

تمثل الكربوهيدرات مكونا أساسيا لجميع خلايا أنسجة النباتات الزهرية.تشمل الكربوهيدرات مواد متنوعة مثل السليلوز والنشا، والسكريات والمواد المخاطية و أصناف السليلوز وغيرها.

أ)السيليلوز Cellulose ب)النشا Starch

يعتبر النشا أهم مدخرات الطاقة فى خلايا النبات ويتكون فى البلاستيدات النشوية. خلال عملية التمثيل الضوئى يتكون النشا فى البلاستيدات الخضراء فى صورة حبيبات ميكروسكوبية بيضاء اللون تعرف حبيبات النشا Starch grains .

تتركب حبيبة النشا بصفة رئيسية من نوعين من المواد الكربوهيدرات نوعين فى جسمها، يسمى أحدهما الأميلوز Amylose والأخر الاميلوبكتين Amylopectin ، تختلف حبيبات النشا فى الشكل والحجم تبعا لنوع النبات، فقد تكون الحبيبة كروية الشكل أو بيضاوى وقد تكون كلوية أو كمثرية أو مضلعة.

تتميز الحبيبة بعلامات مورفولوجية يمكن ملاحظتها تحت الميكروسكوب وهى السرة Hilum والطبقات Striations.

أنواع حبيبات النشا (الحبيبات البسيطة Simple grains. ، الحبيبات نصف المركبة Semi-compound grains ، الحبيبات المركبة compound grains)

٣) البروتينات proteins

٤) الزيوت والدهون النباتية Vagetable Oils and Fats

٥) الراتنجات Resins.

٦) البلورات Crystals .

تتركب معظم البللورت من مواد غير عضوية، وأكثرها شيوعا أملاح الكالسيوم خصوصا أكسالات الكالسيوم. بللورات السيلكا يكثر وجودها فى جدر خلايا نباتات العائلة النجيلية فى السيقان والأوراق.

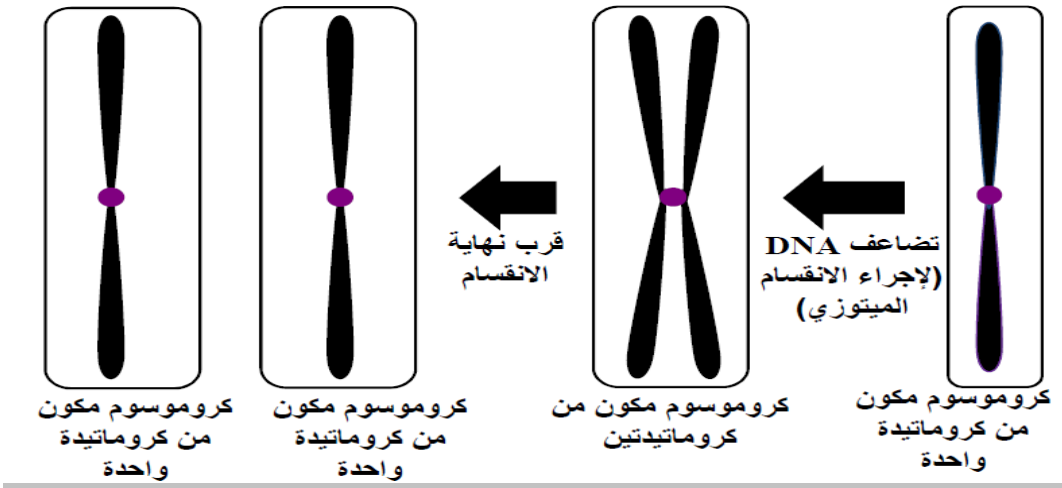
أ)بللورات أكسالات الكالسيوم: من أشكالها:

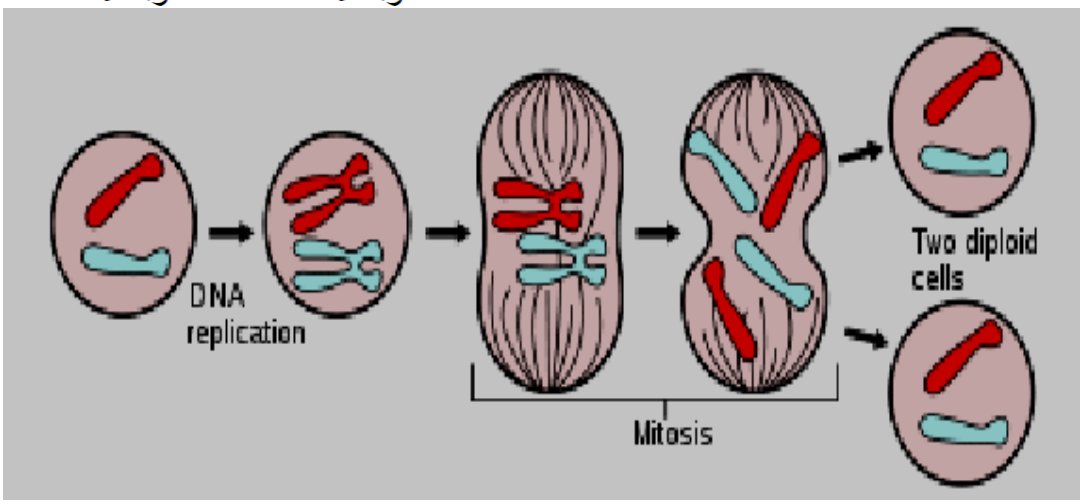
- البللورات الإبرية Aciular crystalls (Raphides)
- البللورات المنشورية Prismatic crystals
- البللورات النجمية ''Rosette crytals''Druses

ب) بللورات كربونات الكالسيوم تعرف هذه البللورات باسم الحويصلات الحجرية Cystolith وأحيانا تسمى البللورة المعلقة. الحويصلات الحجرية عبارة عن تراكيب بللوررى يوجد فى بعض خلايا الطبقة الخارجية لبشرة المتضاعفة لعدد قليل من العائلات النباتية مثل العائلة التوتية.

انقسام الخلية Cell Division

الانقسام الاعتيادي MITOSIS : الكروموسومات لا يمكن تميزها بواسطة الفحص ألمجهري إلا من خلال عملية الانقسام الخلوي حيث يمكن تميز أربعة أطوار



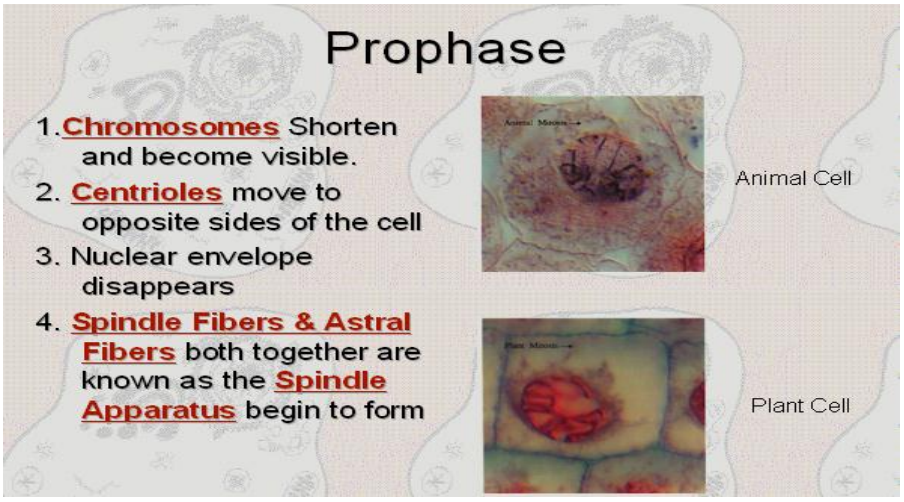


شكل ١٥ أطوار الانقسام الميتوزيMITOSIS

أطوار انقسام MITOSIS

أولا-الطور التمهيدي PROPHASE :

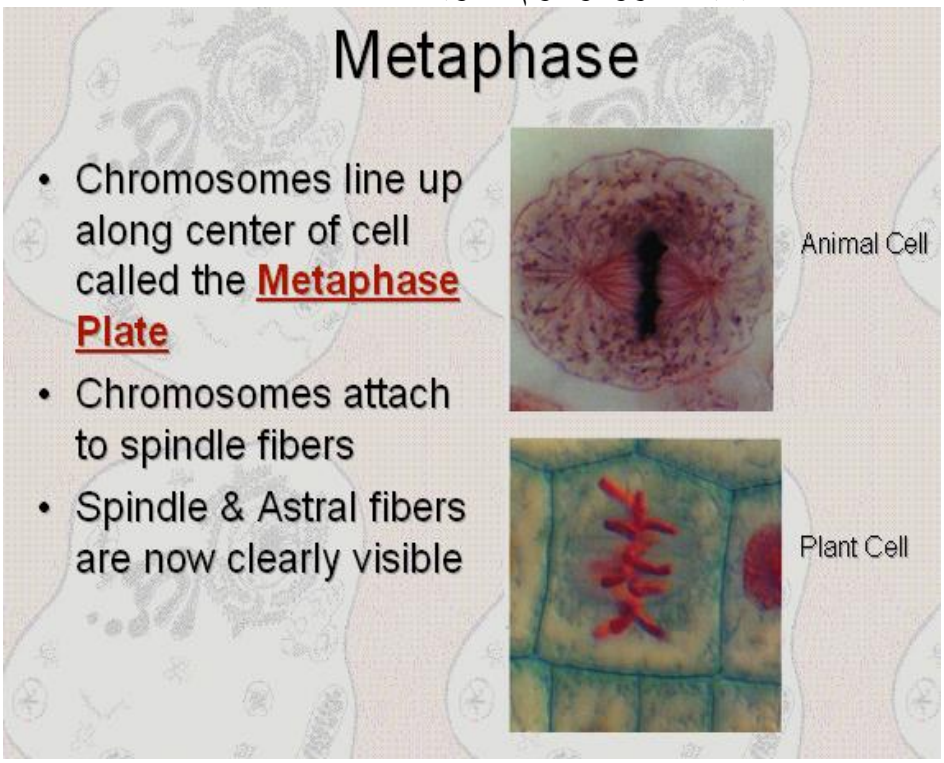
في بداية هذا الطور يمكن تمييز الكروموسومات حيث تكون على هيئة كتلة ملتفة Coiled داخل النواة وتكون أيضا رفيعة وطويلة وكل منها مؤلف من خيطين يعرفان بالكروماتيد Chromatides مضغوطين على بعضهما البعض وفي نهاية هذا الطور تكون الكروموسومات قد انشطرت طوليا .



شكل (١٦) طور الـ Prophase

ثانيا-الطور الاستوائي METAPHASE :

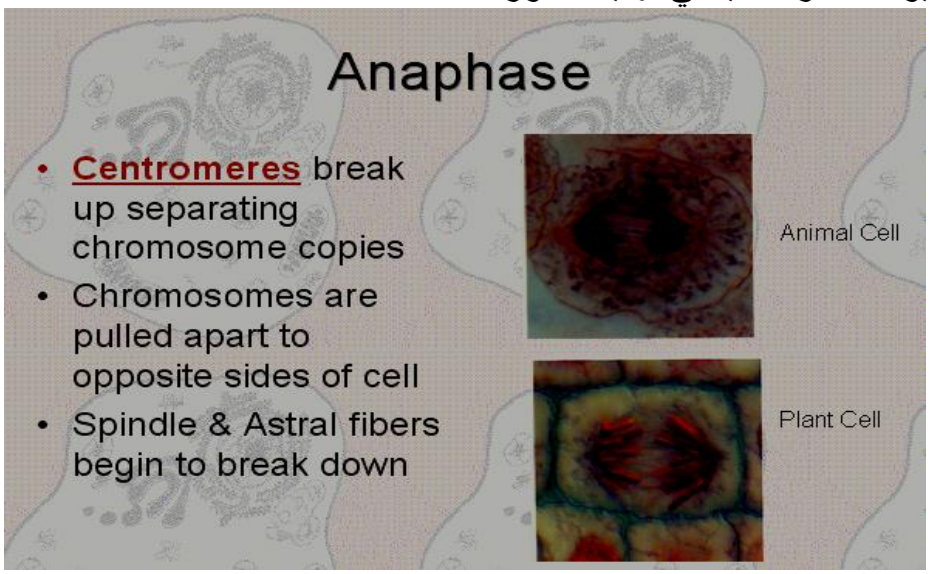
تبدو الكروموسومات اقصر واسمك وتنتظم في منطقة استواء الخلية ، يتصل كل كروموسوم بخيوط فايبرية Fiber تتصل مع بعضها البعض في أقطاب الخلية مكونة المغزل Spindle ، إن منطقة اتصال الكروموسوم بخيوط المغزل تعرف بالجزء المركزي سنترومير Centromer وهي غير قابلة للتلون ، موقع هذا الجزء ثابت بالنسبة للكروموسوم وهذه ميزة تساعد في التعرف على الكروموسوم أو كونها تعطي مؤشرا لطبيعة تطوره من الأنواع التي سبقته ، غالبا ما تحدث تخصرات ثانوية تكون عادة مترابطة مع نقطة الاتصال الطبيعية للكروموسوم بالنوية Nucleolus



شكل (١٧) طور الـ Metaphase

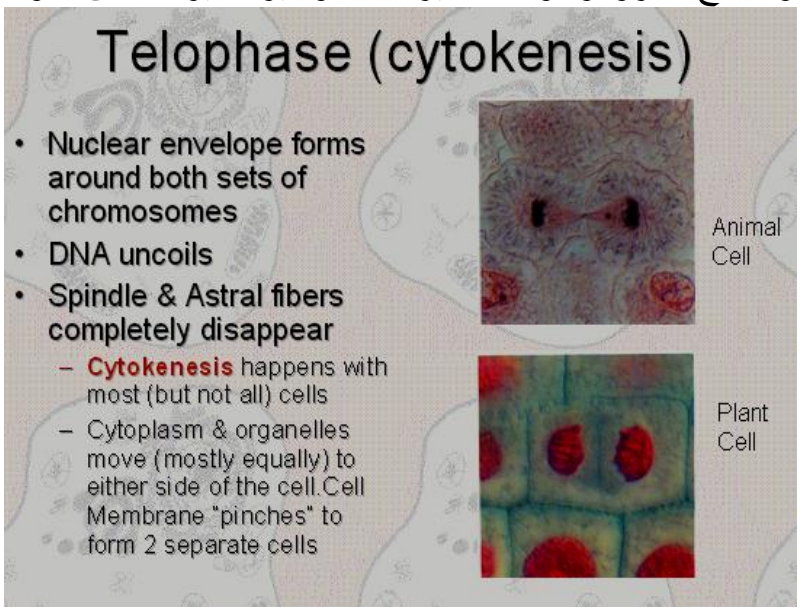
ثالثا– الطور الانفصالي ANAPHASE

في هذا الطور 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 كليا في نهاية الطور .



شكل (١٨) طور الـ Anaphase

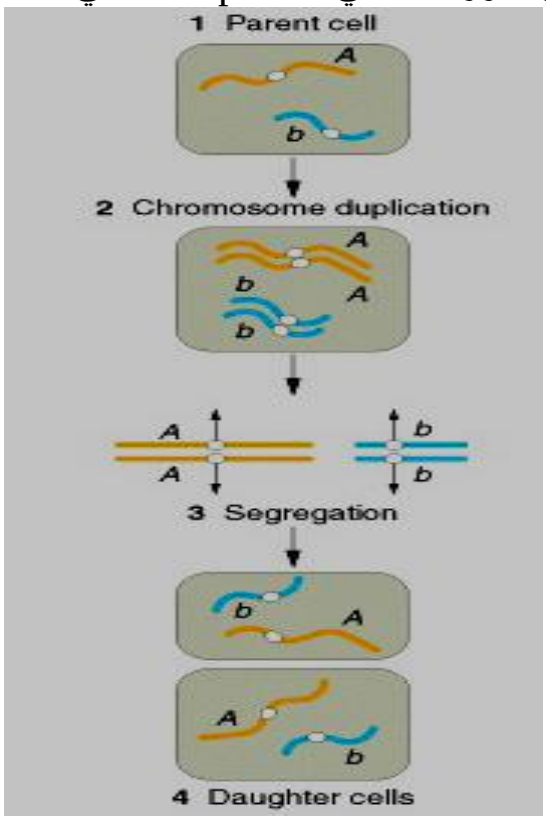
رابعا–الطور النهائي TELOPHASE : في هذا الطور يتكون جدار خلوي جديد بين النواتين الشقيقتين Daughter nuclei وتصبح الكروموسومات غير ملتفة وغير مميزة ضمن النواة



شكل (١٩) طور الـ Telophase

الأهمية الوراثية للانقسام الميتوزي:

بما إن المادة الوراثية تترتب طوليا على الكروموسومات ، فان سلوك الكروماتين ممثلا في الخيوط الكروموسومية أثناء الانقسام الميتوزي يؤدي إلى ميكانيكية يحدث عن طريقها التضاعف التام والدقيق لكل جزء من المادة الوراثية وانفصالها إلى نواتين متماثلتين تماما ، وبالرغم من ظهور دور السكون الكروموسومي Interphase وكان نواته متجانسة ضوئيا ،إلا أن هناك من الأدلة الكافية ما يشير إلى إن الكروموسومات تحتفظ بشخصيتها الفردية Individuality وتبقى كأجسام منفصلة من الدور النهائي Telophase إلى الدور الابتدائي Prophase التالي



شكل (٢٠) تكوين الخلايا الشقيقة

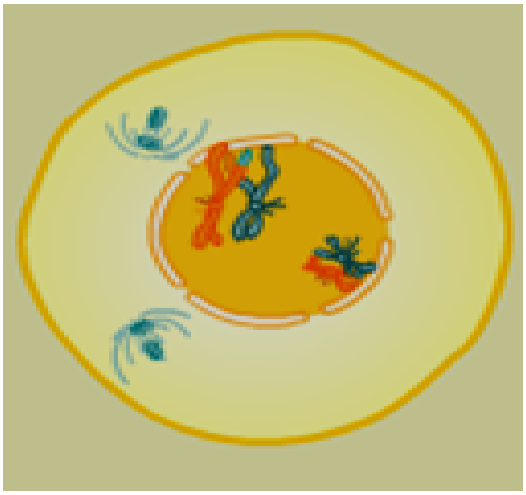
الانقسام الاختزالي MEIOSIS

يحدث هذا النوع من الانقسام فقط في الخلايا الخاصة المسولة عن تكوين الخلايا الجنسية الذكرية والأنثوية المعروفة بـ GAMETES . أن عملية الانقسام الاختزالي تتضمن عادة انقسامين متتاليين فيتكون تبعا لذلك عن النواة الواحدة التي تبدأ طريقها في هذا النوع من الانقسام أربعة انوية TETRAD يضم كل منها نصف عدد الكروموسومات الموجود أصلا في الخلية الأم ولغرض تقدير أهمية الانقسام الاختزالي في عملية توارث الجينات ، يجب إن نتذكر بان النواة في بداية الانقسام تحتوي على مجموعتين متشابهتين من الكروموسومات أحداهما موروثة عن طريق الأب والأخرى عن طريق الأم . وان كل زوج من الكروموسومات المتشابهة يحمل نفس الجينات ومرتبة بنفس التسلسل ولكن كروموسومي الزوج الواحد غالبا ما تختلف من ناحية نوع الاليلات التي تحملها

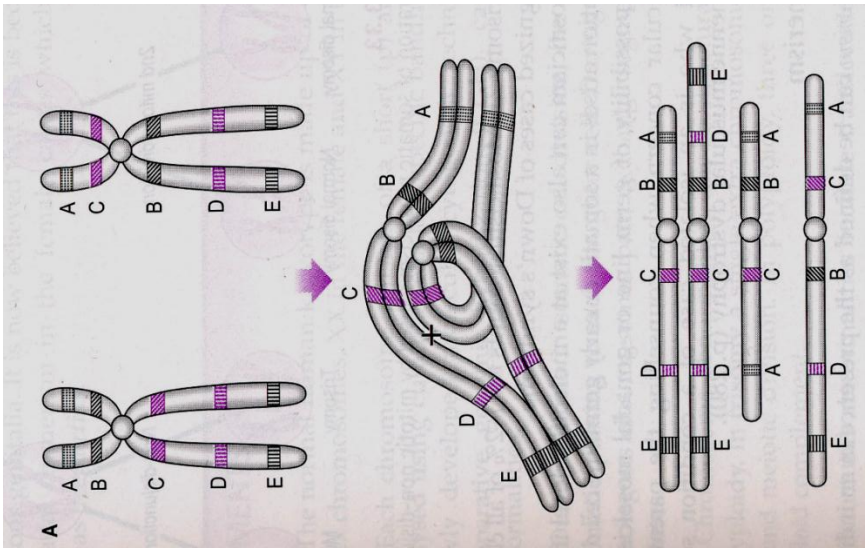
أطوار الانقسام الاختزالي MEIOSIS

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



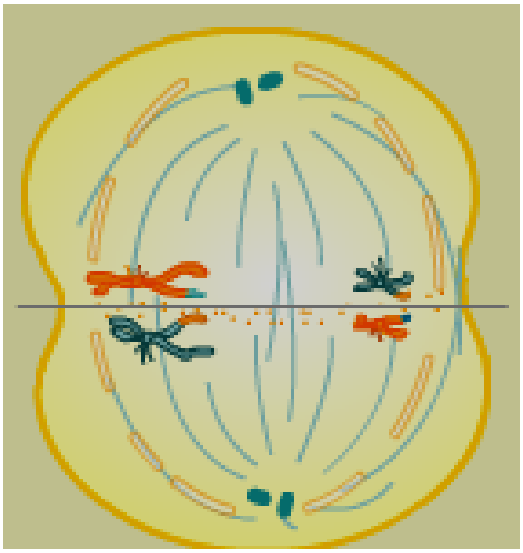
شكل (٢١) طور الـ Prophase 1



شكل (٢٢) 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



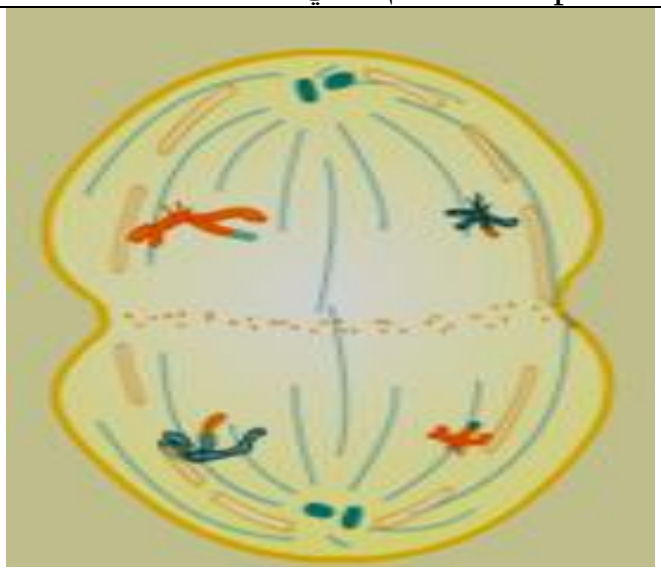
شكل (٢٣) طور الـ Metaphase 1

ثالثاً-طور الانفصال في الانقسام الأول Anaphase of first division

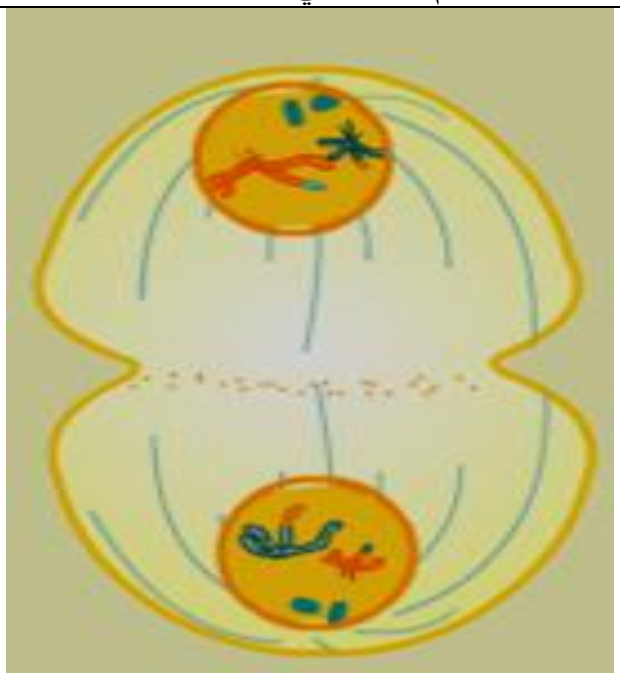
يتحرك كروموسوم واحد من كل زوج على خيوط المغزل باتجاه قطبي الخلية

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



شكل (٢٤) طور الـ Anaphase 1



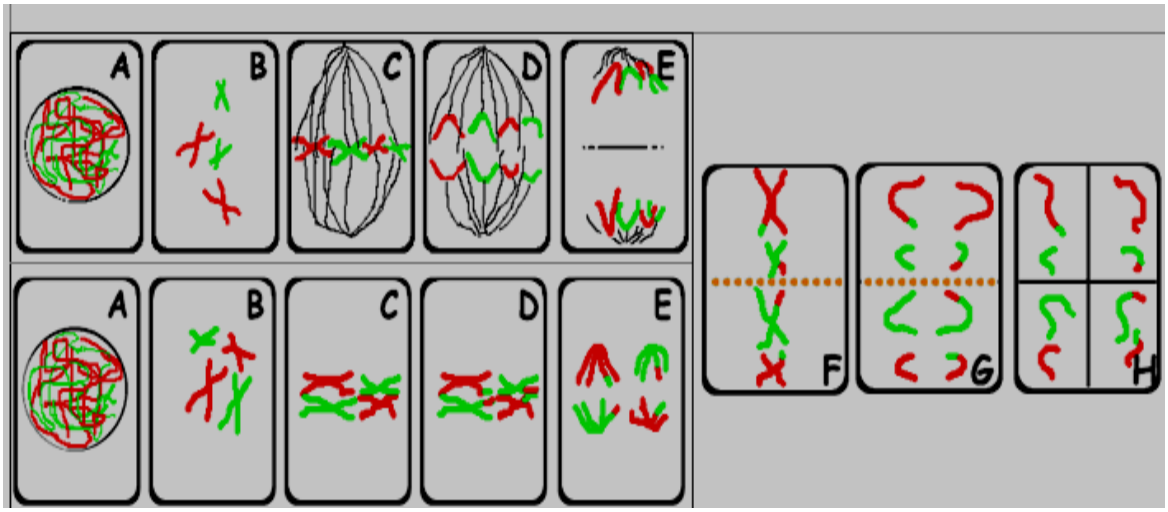
شكل (٢٥) طور الـ Telophase1

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

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 .



شكل (٢٦) الفروقات بين الانقسام Mitosis و Meiosis

الفروقات بين الانقسام الغير المباشر Mitosis والمباشر Meiosis

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

تجارب مندل بدا مندل تجاربه عام ١٨٥٧ بجمعه أصناف البزاليا الموجود لدى تجار البذور ورأى دراسة الاختلافات الموجودة بين الأصناف وانتبه إلى عدة صفات في نبات البزاليا وهي
١- شكل البذور الناضجة ٢- لون الفلقات ٣- لون غطاء البذرة ٤- شكل قرنة البزاليا
٥-لون القرنة الخضراء ٦- وضع الزهرة على النبات ٧- طول ساق البنات

أولا: وراثة شكل البذور : قام مندل بتلقيح أحد أصناف البزاليا ذات البذور المستديرة بحبوب اللقاح من صنف أخر ذات بذور مجعدة وحصل على أفراد الجيل الأول ورمز له F1 والجيل الثاني رمز له F2

التوضيح

الشكل الظاهري للآباء صنف بذور مجعدة X صنف بذور مستديرة
التركيب الوراثي للآباء rr X RR
الكاميتات r R
التركيب الوراثي لجيل الأول Rr
الشكل الظاهري للجيل الأول بذورة مستديرة
التركيب الوراثي للجيل الثاني الناتج من التلقيح الذاتي Rr X Rr
هو RR Rr rr
الشكل الظاهري للجيل الثاني مستديرة مجعدة

إذ لاحظ مندل أن بذور الجيل الأول كانت كلها مستديرة الشكل ، وعند إنتاج الجيل الثاني لاحظ أن نسبة البذور المستديرة الى البذور المجعدة كانت ٢,٩٦ : ١

ثانيا :وراثة لون الفلقات : درس مندل هذه الصفة إذ لقح صنف من البزاليا ذات الفلقات الصفراء بحبوب لقاح من صنف أخر ذات فلقات اللون الأخضر ، وحصل على أفراد F1 وF2 **التوضيح**

الشكل الظاهري للآباء صنف فلقات بذوره خضراء X صنف فلقات بذوره صفراء
التركيب الوراثي yy X YY
الكاميتات y Y
التركيب الوراثي لجيل الأول Yy
الشكل الظاهري لأفراد الجيل الأول بذور صفراء
التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول Yy X Yy
التركيب الوراثي لإفراد الجيل الثاني yy Yy YY
الشكل الظاهري لأفراد الجيل الثاني خضراء صفراء

لقد وجد عند إنتاج أفراد الجيل الثاني أن نسبة كانت ٣,٠١ : ١ (صفراء : خضراء)

ثالثا: وراثة لون غطاء البذور : درس مندل هذه الصفة بان هجن صنف بزاليا ذات بذور الملونة بحبوب لقاح بصنف أخر ذات بذور بيضاء ، وأنتج أفراد الجيل الأول والثاني ، **التوضيح**

الشكل الظاهري للآباء صنف بذور بيضاء X صنف بذور ملونه
التركيب الوراثي للآباء cc X CC
الكاميتات c C
أفراد الجيل الأول Cc
الشكل الظاهري لأفراد الجيل الأول بذور ملونة
التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول Cc X Cc
التركيب الوراثي لأفراد الجيل الثاني cc Cc CC
الشكل الظاهري لجيل الثاني بذور بيضاء بذور ملونة

أن أفراد F1 بذوره ملونة ، وأفراد F2 بذوره بيضاء وملونة وبنسبة الملونة : البيضاء (٣,١٥ : ١)

رابعا: وراثة شكل القرنة : هجن صنف من البزاليا ذات قرنه ملساء بحبوب لقاح اخر ذات قرنه مخنصرة (مجعدة)

الشكل الظاهري للآباء صنف مخنصر القرنه X صنف قرونه ملساء
التركيب الوراثي للآباء ff X FF
الكاميتات f F
التركيب الوراثي للأفراد الجيل الأول Ff
الشكل الظاهري للأفراد الجيل الأول قرونه ملساء
التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول Ff X Ff
التركيب الوراثي لأفراد الجيل الثاني ff Ff FF
الشكل الظاهري مخنصر القرنه ملساء القرنة

أفراد F1 كانت جميع قرناته ملساء، وأفراد الجيل الثاني كانت النسبة (٢,٥٩ : ١) (ملساء : مخنصرة)

خامسا : وراثة لون القرنة في البزاليا : هجن صنف من البزاليا ذات قرون الخضراء بخر حبوب لقاح قرون صفراء

الشكل الظاهري للآباء صنف أصفر القرون X صنف خضر القرون
التركيب الوراثي gg X GG
الكاميتات g G
التركيب الوراثي لأفراد الجيل الأول Gg
الشكل الظاهري لا فراد الجيل الأول صنف قرونه خضراء
التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول Gg X Gg
التركيب الوراثي لأفراد الجيل الثاني gg Gg GG
الشكل الظاهري صنف قرونه صفراء صنف قرونه خضراء

أفراد الجيل الأول ذات قرون خضراء ، وأفراد الجيل الثاني ذات قرون خضراء: صفراء (٢,٨٢ : ١)

سادسا : وراثة وضع الزهرة على النبات : هجن مندل صنف من نبات البزاليا ذات الأزهار الجانبية بحبوب لقاح من صنف آخر يحمل أزهار طرفية وحصل على أفراد من الجيل الأول والثاني **التوضيح**

الشكل الظاهري للآباء أزهار طرفية X أزهار جانبية

التركيب الوراثي لآباء AA X aa

الكاميتات A a

التركيب الوراثي لأفراد الجيل الأول Aa

الشكل الظاهري صنف أزهار جانبية

التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول Aa X Aa

التركيب الوراثي لأفراد الجيل الثاني AA Aa aa

الشكل الظاهري لأفراد الجيل الثاني أزهار طرفية أزهار جانبية

حصل في هذه الدراسة على أفراد الجيل الأول ذات أزهار جانبية ، بينما في الجيل الثاني حصل على نباتات احتوت على نباتات تحمل أزهار جانبية وأخرى طرفية وكانت النسبة الأزهار الجانبية إلى طرفية عبارة (٣,١٤ : ١)

سابعا: وراثة طول ساق النبات في البزاليا قام مندل بتهجين صنف من البزاليا ذات سيقان طويلة بحبوب لقاح من صنف اخر ذات سيقان قصيرة وحصل على أفراد الجيل الأول والثاني **التوضيح**

الشكل الظاهري للآباء ساق قصيرة X ساق طويلة

التركي الوراثي TT X tt

الكاميتات T t

التركيب الوراثي لأفراد الجيل الأول Tt

الشكل الظاهري ساق طويلة

التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول Tt X Tt

التركيب الوراثي لأفراد الجيل الثاني TT Tt tt

الشكل الظاهري ساق طويلة ساق قصيرة

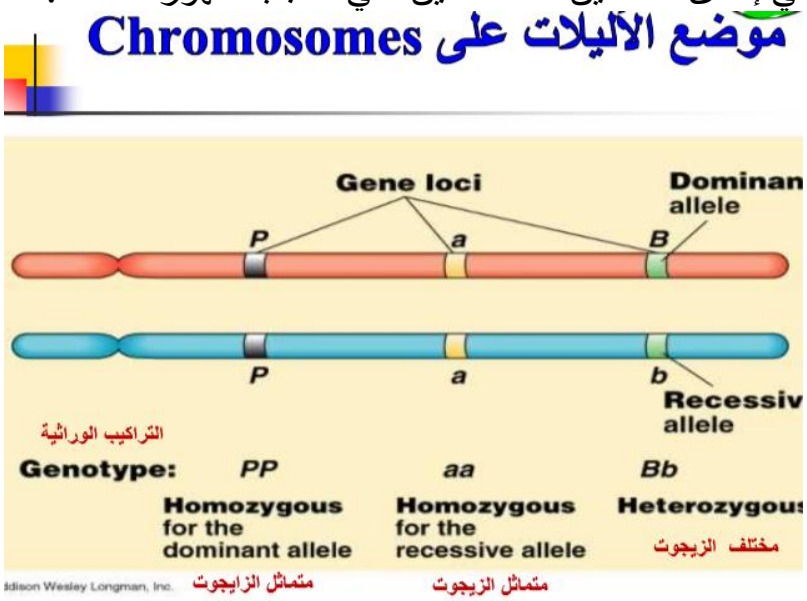
يتضح من ذلك انه حصل على أفراد الجيل الأول احتوت على نباتات ذات سيقان طويلة ، وعند التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول حصل على فراد في الجيل الثاني على نباتات ذات سيقان طويلة وقصيرة وكانت بنسبة (٢,٨٤ :١) (طويل ساق : قصير ساق)

وفي حالة جمع كل الصفات التي قام مندل بدراستها مع بعضها وثم تقدير متوسط الحسابي لها ، فوجد أن نسبة الصفة السائدة إلى الصفة المتنحية كانت ٢,٩٨ : ١ أي نسبة ٣: ١ كما في الجدول أعلاه

الصفة السائدة Dominant trait:- يقصد بها الصفة التي تظهر في الجيل الأول وتمثل صفة احد الآباء الداخلة في التهجين أو التلقيح أو التزاوج ويعطى لها رمز كبير (A, B , W, R, T…….)

الصفة المتنحية Recessive trait:- تلك الصفة التي لا تظهر في الجيل الأول أو تختفي في الجيل الأول بعد إجراء عمليات التهجين وتأخذ رمز ((a, d, w, r, t, ……..))

يعرف قانون مندل بالعوامل الوراثية التي تتحكم في الصفات الوراثية بحيث تنعزل عن بعضها البعض عند تكوين الجاميتات . (الخلايا التناسلية) * إذا اختلف فردان نقيان في زوج من صفاتهما المتضادة فإنهما به صفة أحد الفردين فقط ثم تورث ً ينتجان بعد تزاوجهما جيلا .متنح١ :سائد ٣ فى الجيل الثانى بنسبة ً الصفتين معا :هي إحدى الصفتين المتضادتين التي تحجب ظهور الصفة .



التوضيح نأخذ أحدى التجارب أعلاه

بزاليا ذات بذور صفراء X بزاليا ذات بذور خضراء

gg X GG

g X G

Gg

بذور خضراء

تلقيح ذاتي Gg X Gg

gg Gg GG

أصفر أخضر أخضر

تلقيح ذاتي لانتاج الجيل الثالث gg x gg Gg x Gg GG x GG

أصفر gg أخضر GG

gg Gg GG

أصفر أخضر أخضر

نجد هذا عند زراعة نباتات الجيل ذات القرون الخضراء والتي تركيبها الوراثي Gg فإنها تعطي نوعين من الكاميتات هي G g ولمعرفة التركيب الوراثي لنباتات الجيل الثاني أو أي جيل أخر فأننا نتبع الخطوات التالية :

مجموع الكاميتات G + g = ٢

نسبة كل كميتة إلى المجموع G ٢/١ + g ٢/١

ثم تربيع قيمة كل كميت ٢(G ٢/١ + g ٢/١)

تركيب الجيل الثاني = GG ٤/١ + Gg ٢/١ + gg ٤/١

من هذا المثل يمكن معرفة تركيب الجيل الثاني بطريقة أخرى وهو ناتج تلقيح الأم بحبوب لقاح الأب ناتج التلقيح هو

GG ٤/١ + Gg ٢/١ + gg ٤/١ = GG ٤/١ + (Gg ٤/١ + Gg ٤/١) + gg ٤/١

وبهذا نكون قد أوضحنا أسلوب وراثة زوج واحد من العوامل الوراثية في محصول نبات البزاليا

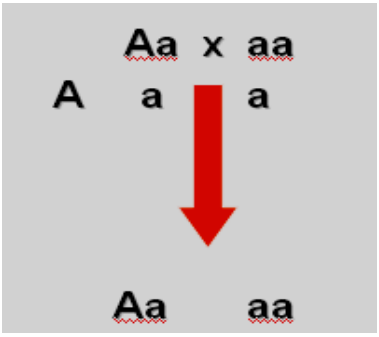
جدول (١٢) مربع بوينت

	الاب G ٢/١	الاب g ٢/١
الأم G ٢/١	GG ٤/١	Gg ٤/١
الام g ٢/١	Gg ٤/١	gg ٤/١

التلقيح الاختباري Test-cross:- هو طريقه للتعرف على الطرز الجينى للفرد السائد هل هو(نقى ام هجين) وذلك بإجراء تلقيح بينه مع فرد به الصفة المتنحيه وعادة تكون النسبة ١:١

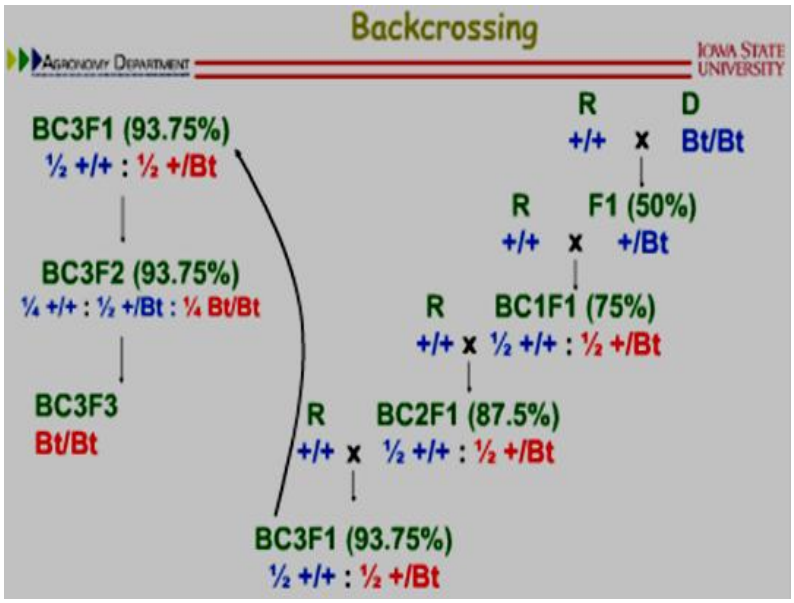
١. فإذا كان الناتج كله به الصفة السائدة (طراز مظهرى واحد) يكون الفرد المختبر سائدا نقيا
٢. وإذا كان الناتج نصفه به الصفة السائدة ونصفه به الصفه المتنحيه كان الفرد المختبر سائدا هجينا

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



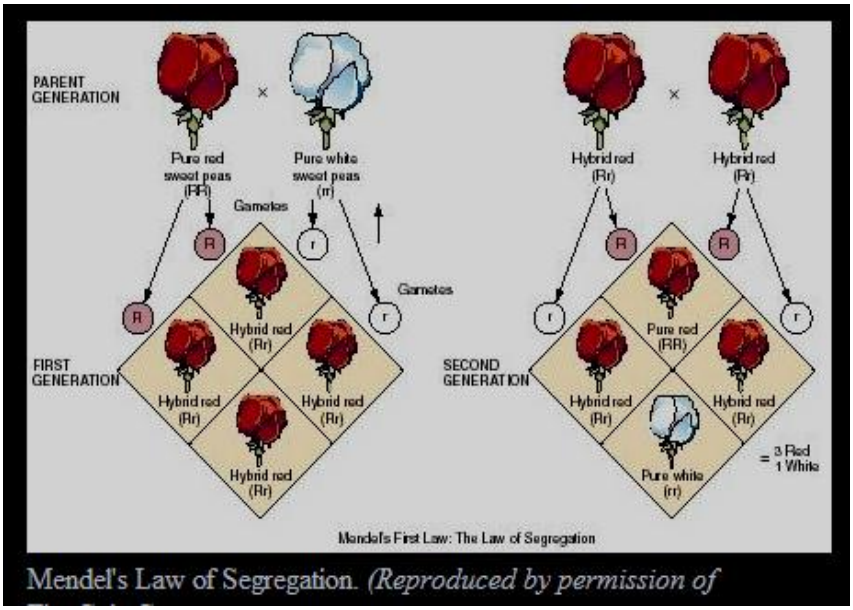
التهجين الاختباري

التهجين الرجعي Back cross:- يقصد به تهجين أفراد الجيل الأول (F1) مع احد الأبوين ((الذي يحمل صفة سائدة أو متنحية)) قد يكون التهجين الرجعي (تهجين رجعي أو اختياري بنفس الوقت)



قانون مندل الأول ((قانون الانعزال)) Law of segregation

يقصد به عاملا أي زوج من الصفات المتضادة تتوزع أو تنعزل عن بعضها عند تكوين الكميتات دون تغيير . وان من أسباب نجاح قانون مندل هو استخدامه السجلات ، وقيامه إجراء إحصاء دقيق لجميع الإشكال التي ينتجها النسل ، وتحليل البيانات العددية التي تم الحصول عليها أو التي تم التوصل إليها



شكل (٥٤) قانون مندل الانعزال

وراثة زوجين من العوامل الوراثية Dihybrid Ratio

ومن إجراء التلقيحات بين أفراد الجيل الأول تزاوج الذاتي (تلقيح ذاتي) فبذلك ومن الجدول الأتي نستطيع معرفة التركيب الوراثي والشكل الظاهري لنباتات الجيل الثاني

مربع بونيت للتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول

	الأم				
		RY ٤/١	**Ry ٤/١**	**rY ٤/١**	**ry٤/١**
الأب	**RY ٤/١**	RRYY ١٦/١	RRYy ١٦/١	RrYY ١٦/١	RrYy ١٦/١
	Ry ٤/١	RRYy ١٦/١	RRyy ١٦/١	RrYy ١٦/١	Rryy ١٦/١
	rY ٤/١	RrYY١٦/١	RrYy ١٦/١	rrYY ١٦/١	rrYy ١٦/١
	ry٤/١	RyYy ١٦/١	Rryy ١٦/١	rrYy ١٦/١	rryy ١٦/١

من هذا الجدول نلاحظ أن نباتات الجيل الأول ستكون كالأتي :

٩ نباتات ذات بذور مستديرة وفلقاتها صفراء التركيب الوراثي لها R...Y..

٣ نباتات ذات بذور مستديرة وفلقاتها خضراء التركيب الوراثي لها R..yy

٣ نباتات ذات بذور مجعدة وصفراء الفلقات تركيب الوراثي لها rr Y..

١ نبات واحد بذوره مجعدة وفلقاته خضراء اللون تركيب الوراثي لها rryy

أي أن الانعزال حدث في الجيل الثاني ٩ : ٣: ٣ :١

وعند أخذ كل صفة على حدة فتكون النسبة بالصورة التالية :

عدد النباتات ذات البذور المستديرة : عدد النباتات ذات البذور المجعدة

١٢ : ٤

أي ٣ : ١

وكذلك الحال بالنسبة للون الفلقات

عدد النباتات ذات البذور الصفراء : عدد النباتات ذات البذور الخضراء

١٢ : ٤

أي ٣ : ١

قانون مندل الثاني ((التوزيع الحر)) Law of independent assortment

يقصد به الهجن الناتجة من تلقيح ((تزاوج)) أباء تختلف في أكثر من زوج من الصفات الاليلومورفية ، فان عاملا كل زوج من الصفات تتوزع في الكميتات توزيعا حرا ومستقلا على الكميتات

المعادلة المندلية

نجد أنه كلما أصبح التهجين معقد وذلك نتيجة لوجود عدد من أزواج العوامل الوراثية (الجينات) الخليطة فبذلك كلما أصبحت كميتاته أكثر اختلافا ، فالفرد الهجين لصفة معينة بزوج واحد من الجينات Aa ينتج نوعين من الكميتات هما a و A وبنسب متساوية . وإذا كان نفس الفرد الهجين لصفة أخرى بزوج من ألجين Bb فانه سوف ينتج أربعة أنواع من الكميتات لان الكميتات التي تحصل على ألجين A قد تحصل كذلك على جين B أو b والكميتات التي تحصل على ألجين a قد تحصل على b و B فإضافة زوج الجيني الثاني ضاعف عدد الكميتات المختلفة التي نتجت من الزوج الجيني الأول والتي كان عددها ٢ . ويمكن التعبير عن هذه الحالة عدديا بالمعادلة ٢X ٢ أو $٢^{٢}$. وإذا كان الفرد الهجين بزوج ثالث من الجينات ، فان عدد الكميتات الناتجة ستون ضعف الحالة السابقة أي ٢X٢X٢ أو $٢^{٣}$ ، فالقوة التي يرفع إليها الأساس ٢ عبارة عن عدد أزواج الجينات الخليطة في الفرد الهجين ولذلك فالفرد الهجين في N من أزواج الجينات فعدد أنواع الكميتات التي ينتجها هي ٢^{N} ويزداد عدد التراكيب المحتملة (التشكيلات المحتملة) (عدد الأفراد) بين كميتات الأبوين هجينين كلما زاد عدد أزواج الجينات الخليطة ، فإذا كان الأبوين خليطين في زوج واحد من الجينات فان نوعي الكميتات التي ينتجها كل منهما باتحادها مع بعضها البعض تكون أربعة احتمالات ممكنة (أي النسبة ١:٣)وهذا العدد هو٤ يساوي مربع أنواع الكميتات ٢X٢ أو $٢^{٢}$ وإذا كان الابوين خليطين في زوجين من الجينات فان كل منهما سيكون أربعة أنواع كميتات التي تكون باتحادها مع بعضها البعض ١٦ تركيب وراثي محتمل (أي النسبة ١:٣:٣:٩) وهذا العدد هو ١٦ الذي هو ٤X٤ أو $٤^{٢}$ وهذا عبارة عن مربع بوينت فيه ١٦ تركيب وراثي وكقاعدة فان عدد التراكيب الوراثية المحتملة بين كميتات هجينين تساوي مربع أعداد الكميتات التي ينتجها الهجينين فاذا كان ٢^{N} هي عدد أنواع الكميتات فان عدد التراكيب المحتملة بين هذه الكميتات تكون $(٢^{N})^{٢}$ أو $٢^{٢N}$ (N= عدد أزواج الجينات الهجينة) يمكن تلخيص جميع ما تم ذكره أعلاه في الجدول التالي :

جدول (١٤) خلاصة المعادلات المندلية العامة

عدد أزواج الجينات الهجينة في الاباء Heterozygonic	أنواع الكميتات التي يكونها أفراد F1	عدد التراكيب الوراثية المحتملة في أفراد F2	المجاميع المظهرية المحتملة في أفراد F2	أنواع التراكيب الوراثية في أفراد F2	أنواع التراكيب الوراثية الهجينة في أفراد F2	أنواع التراكيب الوراثية النقية في F2
١	٢	٤	٢	٣	١	٢
٢	٤	١٦	٤	٩	٥	٤
٣	٨	٦٤	٨	٢٧	١٩	٨
٤	١٦	٢٥٦	١٦	٨١	٦٥	١٦
٥	٣٢	١٠٢٤	٣٢	٢٤٣	٢١١	٣٢
N	٢^{N}	٤^{N}	٢^{N}	٣^{N}	$٣^{N} - ٢^{N}$	٢^{N}

فلو فرضنا هناك فرد هجين لثلاث أزواج من الجينات AaBbEe فان عدد الكميتات الناتجة سوف تكون ٨ وكما يلي (ABE , Abe , AbE , Abe ,aBE , aBe , abE , abe) .

بينما الفرد الهجين لاربع أزواج من الجينات AaBbEeDd فان عدد أنواع الكميتات تكون ١٦ وكما يلي (ABED , ABEd ,ABeD , ABed , AbED ,AbEd , AbeD,AbeD ,Abed , aBED ,aBEd ,aBeD, abED, abEd,abeD, abed)

العوامل التي تؤدي إلى الانحراف عن النسب المندلية

أحيانا في بعض الحالات عند دراسة سلوك أحد الصفات الوراثية فأن الباحث قد يجد تحورا عن النسب المندلية المعروفة وقد يعزى إحدى العوامل التالية

١- في حالة وراثة الصفة ذات السيادة غير التامة Incomplete dominance
٢- في حالة وجود الارتباط Linkage
٣- في حالة وجود عوامل متفوقة Epistasis
٤- في حالة وراثة الصفات الكمية Guantitative inheritance
٥- في حالة وراثة النباتات المضاعفة Polyploid
٦- في الوراثة السايتوبلازمية Cytoplasmic
٧- وراثة الجنس Sex inheritance
٨- في حالة وجود عوامل وراثية مميتة Lethal factors
٩- في حالة وجود الـ Trisomics
١٠- في حالة وجود الطفرات Mutation

مربع ((كاي)) Chi – Sguare

يستخدم هذا الاختبار لإثبات صحة الفرضيات التي خرج منها الباحث لظاهرة معينة وتزداد دقة هذا الاختبار كلما كانت عدد الملاحظات ((المشاهدات)) كبيرة ويتم حسابه وفقا للمعادلة التالية :

$$x^2{}_{cal} = \sum \frac{(o-e)^2}{e}$$

E= المتوقع O = المشاهد او الملاحظ

س١ في F2 من التهجين بين نباتات طويلة TT وقصيرة tt قسمت النباتات : قصير = ٣٠ ، طويلة=١٧٠ ، ، اختبر هل يختلف توزيع النباتات عن نسبة 3:1 عند مستوى احتمال ٥% ؟

H_0: النباتات تتناسب مع النسبة **3:1**

H_1: النباتات لا تتناسب مع النسبة **3:1**

V=K-1=2-1=1 α=0.05

$x^2{}_{tab}$ (0.05) = 3.84

$$x^2{}_{cal} = \sum \frac{(o-e)^2}{e} = \frac{(170-150)^2}{150} + \frac{(30-50)^2}{50} = 2.667 + 8 = 10.667$$

o = العدد الملاحظ المشاهد

e = العدد المتوقع = نسبة وجود تلك الصفة X من المجموع الكلي

	طويل الساق	قصير الساق	المجموع
العدد الملاحظ	١٧٠	٣٠	٢٠٠
العدد المتوقع	١٥٠	٥٠	٢٠٠

بما إن قيمة $x^2{}_{ca}$ > $x^2{}_{tab}$ ∴ نرفض العدم ونقبل البديلة

س٢ إذا اخترت (٥٦٦) بذرة من F2 الناتج من التهجين بين نباتات املس البذور أصفر ومجعد البذور أخضر ، وأمكنك تقسيم النتيجة مجعد أخضر (٣٢) ، مجعد أصفر (١١١) وأملس اخضر (١٠٨) واملس أصفر (٣١٥) اختبر هل تختلف النسبة عن 9:3:3:1 عند مستوى احتمال ٥% ؟

H_0: النباتات تتناسب مع النسبة **9:3:3:1**

H_1: النباتات لا تتناسب مع النسبة **9:3:3:1**

V=K-1=2-1=1 α=0.05 t_{tab} (α)

$x^2{}_{tab}$ (0.05) = 3.84

	أملس أصفر	أملس أخضر	مجعد أصفر	أملس أخضر	المجموع
العدد الملاحظ	315	108	111	32	566
العدد المتوقع	$\frac{9}{16} \times 566 = 318.375$	$\frac{3}{16} \times 566 = 106.125$	$\frac{3}{16} \times 566 = 106.125$	$\frac{1}{16} \times 566 = 35.375$	566

$$x^2{}_{cal} = \sum \frac{(o-e)^2}{e} = \frac{(315-318.375)^2}{318.375} + \frac{(108-106.125)^2}{106.125} + \frac{(111-106.125)^2}{106.125} + \frac{(32-35.375)^2}{35.375} = 0.6148565$$

بما إن قيمة $x^2{}_{ca}$ < $x^2{}_{tab}$ ∴ نقبل العدم ونرفض البديلة

س٣ لدراسة صفة الطول لنبات البزاليا اخذت عينة مؤلفة (٤٠٠) نبات من F2 الناتج من تهجين بين نبات قصير مع طويل نقي فوجد ان بينهما (٣١٠) نبات طويلا فهل تتفق النتائج مع النس3:1 عند مستوى احتمال ١% ؟

عدد النباتات الطويلة المشاهدة y=30

عدد النباتات القصيرة المشاهدة n-y=400-310=90

بما ان النسبة هي 3:1 أي نسبة النباتات الطويلة 3/4 ونسبة النباتات القصيرة 1/4

P=0.75 q=0.25

H_0: p=0.75

H_1: p≠0.75

t_{tab} (α) V=K-1=2-1=1 α=0.01

$x^2{}_{tab}$ (0.01,1) = 6.63

التكرار المتوقع للنباتات الطويلة Np0=400($np0 = 400\left(\frac{3}{4}\right) = 300$

	طويلة	قصيرة
العدد الملاحظ	310	90
العدد المتوقع	300	100

التكرار المتوقع للنباتات القصيرة Np0=400($np0 = 400\left(\frac{1}{4}\right) = 100$

$$x^2{}_{cal} = \sum \frac{(o-e)^2}{e} = \frac{(310-300)^2}{300} + \frac{(90-100)^2}{100} = 1.33$$

بما إن قيمة $^2{}_{ca}$ < $x^2{}_{tab}$ ∴ نقبل العدم ونرفض البديلة أي أن نسبة الطول إلى القصر هي 3:1