كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الاولى

المادة : علم الحياة الحيوانية١

المحاضرة : الخامسة/نظري/د. علا

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٦

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

الانقسام الاختزالي

تتكاثر بعض الكائنات الحية تكاثراً لا جنسيا إلّا أنّ معظم الحيوانات تتكاثر جنسيّاً، ويحدث التّكاثر الجنسي باندماج خلية جنسيّة أنثويّة (عروس أنثوية)، مع خلية جنسيّة ذكريّة (عروس ذكرية) لإنتاج الزّايجوت (البويضة الملقحة) التي تنمو وتتطور لفرد جديد. تنتج الأعراس الأنثويّة والذّكريّة عن انقسام الخلايا في الغدد التناسليّة انقساماً اختزالياً، أو انقساماً(Meiosis) ، ويُسمى بهذا الاسم لأنه يختزّل عدد الكروموسومات في الخليّة إلى النّصف، وهو بذلك يختلف عن الانقسام المتساوي (Mitosis) الذي ينتج عنه خلايا تحتوي على كرموسومات مساوية لعدد الكروموسومات في الخليّة الأصليّة.

تتكوّن أجسام الحيوانات من خلايا ثنائيّة المجموعة الكروموسوميّة(Diploid)، وللمحافظة على عدد الكروموسومات ثابتاً في أفراد النوع الواحد من الكائنات الحيّة، فلا بُدّ من حدوث الانقسام الاختزالي لإنتاج أعراس أحاديّة المجموعة الكروموسوميّة (Haploid) .

تحتوي خلايا جسم الإنسان على سبيل المثال على 46 كروموسوم، وعند حدوث الانقسام الاختزالي، تُنتِج الأنثى أعراس تحتوي على 23 كروموسوم، وينتج الذكر أعراس ذكريّة تحتوي على 23 كروموسوم، وعند اندماجهما بعد حدوث الإخصاب تنتج البيضة الملقحة التي تحتوي من جديد على 23 زوج من الكرموسومات (46 كرموسوم) وهو العدد الأصلي لكروموسومات خلايا الإنسان.

مراحل الانقسام الاختزالي: تمر الخليّة التي تنقسم انقساماً اختزالياً بمرحلتين، وتتكوّن كل مرحلة من عدة أطوار تُنتِج في نهايتها أربع خلايا وليدة (أعراس) قبل أن تبدأ الخليّة بالانقسام تدخل في الطّور البينيInterphase وهو الطّور الذي تنمو فيه الخليّة، وتبني البروتينات، والحمض النّووي الرّايبوزي منقوص الأكسجين(DNA) ، ويتضاعف فيه عدد الكروموسومات تمهيداً للانقسام. يتكون الانقسام المنصف من انقسامين متتاليين يفصل بينهما طور بيني قصير

يتألف الانقسام الاختزالي من انقسامين نوويين متعاقبين، يُشار لهما باسم الانقسام الاختزالي الأولmiosisI والانقسام الاختزالي الثاني miosisII. تنفصل الصبغيات(الكروموزومات)القرينة

عن بعضها خلال الانقسام الاختزالي الأول، بينما تنفصل الصبيغيات(الكروماتيدات)ضمن الصبغي الواحد عن بعضها خلال الانقسام الاختزالي الثاني.

. **الانقسام المنصف الأول:** وهو انقسام اختزالي يسبقه تضاعف DNA الصبغيات، كما يتم فيه توزيع الصبغيات المتماثلة إلى خليتين أحاديتي الصيغة نتيجة اختزال العدد الصبغي إلى النصف.

. **الانقسام المنصف الثاني:** وهو انقسام خيطي متساوي غير مسبوق يتضاعف الـ DNA.

ينظم الانقسام المنصف ويضبط عملية توريث المادة الوراثية واختلاط الذخيرة الوراثية في الأبناء مما يؤدي إلى إعطاء صفات ظاهرية جديدة.

1- **الانقسام المنصف الأول** First meiotic Division: وهو يشبه الانقسام الخيطي إلا أن الدور الأول فيه يكون أكثر تعقيداً، ونميز فيه أربعة أدوار.

- الدور الأول Prophase I : ويشكل أهم أدوار الانقسام المنصف ويمكن تقسيمه إلى خمسة مراحل تبعاً لمظهر الصبغيات وشكلها وهي:

أ . **مرحلة الخيوط الرفيعة Leptotene stage** : تبدو الخيوط الصبغية في هذه المرحلة رفيعة طويلة وشديدة التمدد، صعبة التمييز عن بعضها تحمل عقداً كثيرة هي الحبيبات أو العقد الصبغية Chromomeres ، وتبقى النوية في جميع مراحل الطور التمهيدي. ويلاحظ أن الغلاف النووي والنويات مازالت مرئية في هذه المرحلة.

ب- **مرحلة الخيوط المتزاوجة** Zygotene: تتقارب الصبغيات المتماثلة من بعضها البعض لتحقق تقابلا صبغياً ومورثياً كاملاً وتسمى هذه العملية بالاقتران الصبغي Synapsis.ومن الصعب تمييز هذه المرحلة بالمجهر الضوئي.

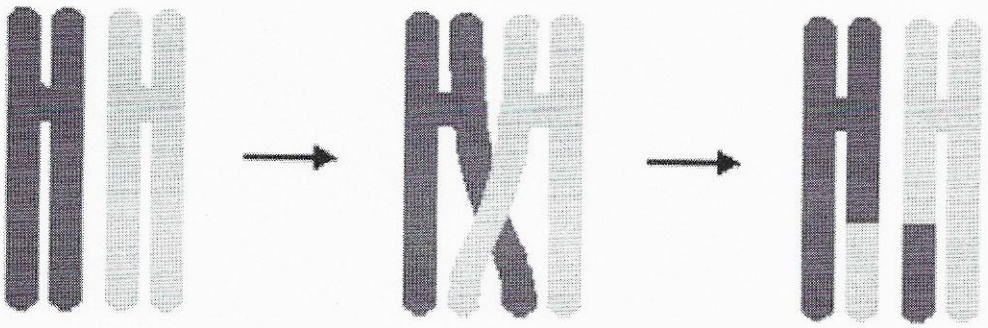
ج-**مرحلة الخيوط الثخينة Pachytene** : تقصر الصبغيات نتيجة التفاف وتحلزن الصبغيين المزدوجين. ويرتبط زوج الصبيغيات الشقيقة للصبغي القرين مع زوج الصبيغيات الشقيقة للصبغي القرين الآخر مشكلة بذلك رباعيات صبغية Tetrads أو ثنائيات صبغية متكافئة.

ويحدث خلال هذه المرحلة تبادل للمادة الوراثية بين الصبيغيات غير الشقيقة التابعة لزوج الصبيغيات الشقيق نتيجة حادثة العبور الصبغي Crossing –over. الشكل (1)

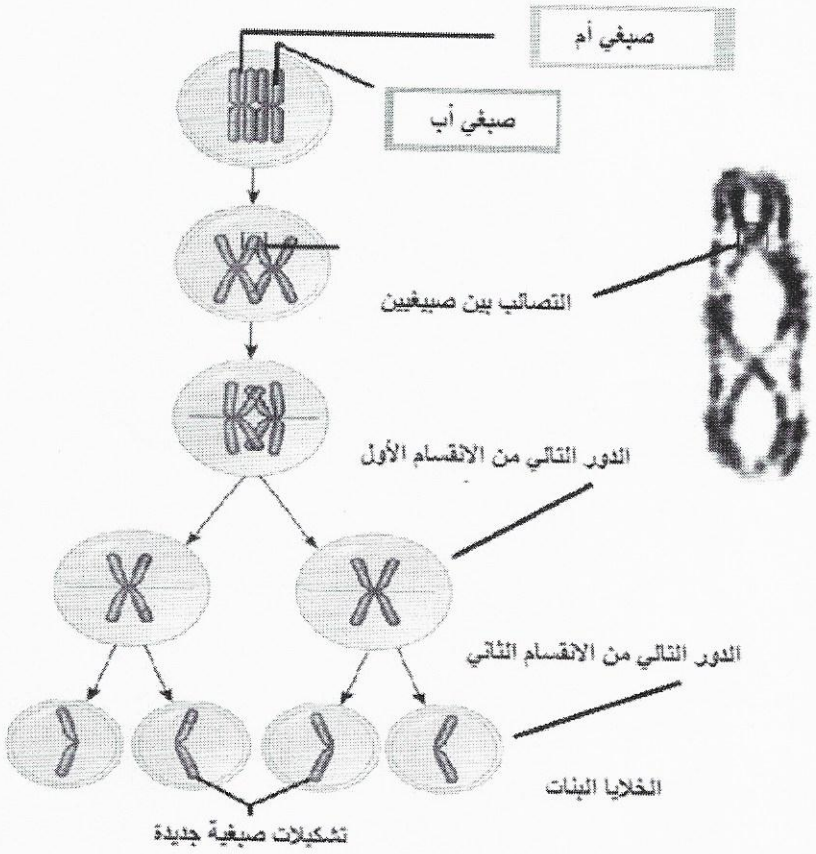
وتعد هذه الظاهرة ذات أهمية بالغة في اختلاط الذخيرة الوراثية للأبوين وفي تبادل العوامل الوراثية، وتنوع الأحياء التي تتكاثر تكاثراً جنسياً. ويمكن رصد هذه المرحلة بالمجهر الضوئي.

فالمورثات المحمولة على الصبغي نفسه تكون مرتبطة Linked وهي مضطرة للتوزع معاً أثناء الانقسام المنصف، على عكس المورثات المحمولة على صبغيات مختلفة حيث تتوزع بصورة مستقلة (قانون مندل الثاني).

د – **مرحلة الخيوط المتضاعفة** Diplotene stage: بعد إتمام تبادل القطع بين الصبغيات المتماثلة في المجموعات الرباعية، يبدأ كل صبيغيين في كل مجموعة رباعية بفك الالتفاف الحلزوني، ويبتعد كل صبغي بصبيغييه عن الصبغي القرين الآخر، وتبدو الصبغيات مشطورة طولياً بصورة جلية. مع ملاحظة العديد من مناطق التصالب Chiasmata بين الصبيغيات المتماثلة في الرباعيات والتي نتجت عن العبور. ويتوقف عدد نقاط التصالب على طول الثنائية، حيث يتراوح بين الواحدة وحتى عشرات النقاط. ثم تأخذ نقاط التصالب في التناقص التدريجي مع استمرار انفصال الصبغيين المتماثلين عن بعضهما، وتعرف هذه العملية بالانزلاق Terminalization. ويمكن رصد هذه المرحلة بالمجهر الضوئي.



الشكل (1)



تخطيط يوضح ظاهرة العبور خلال الانقسام المنصف.

هـ-**مرحلة التشتت(الافتراق)Diakinesis stage** : وخلال هذه المرحلة تستمر عملية الانزلاق حتى تختفي كل نقاط التصالب، وينفصل كل صبغيين متماثلين عن بعضهما تماماً، وهنا يبدو كل صبغي مكوناً من صبيغيين. وفي نهاية هذه المرحلة تصبح الصبغيات في أعلى درجة من الثخانة والقصر ، وتكون مستعدة لدخول بقية أدوار الانقسام، ويختفي الغشاء النووي والنوية، ويظهر المغزل، وترتبط الصبغيات بأنيبباته. وهذه المرحلة تكون قصيرة عابرة في تكوين النطاف، وطويلة في تكوين البويضات.

الطور الاستوائي الأول (Metaphase I):

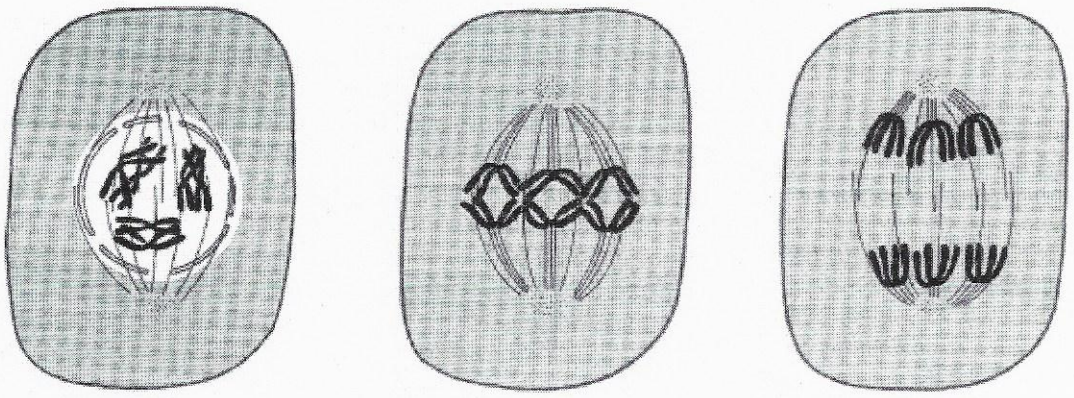
تصطف الرّباعيات في مركز الخليّة بحيث يواجه السّنترومير (القطعة المركزيّة التي تربط الكروماتيدَين ببعضهما) لأحد الكروموسومات أحد قطبي الخليّة، بينما يواجه سنترومير الكرموسوم المماثل القطب المعاكس.

الطّور الانفصالي الأول (Anaphase I) :

تنفصل الكروموسومات المتماثلة عن بعضها البعض، وتبدأ بالتوجّه نحو قطبي الخليّة، بينما تبقى الكرماتيدات الشّقيقة لكل كرموموسوم متصلة ببعضها.

الطّور النّهائي الأول(Telophase I):

وتحدث فيه التّغيرات الآتية: تستمر الكروموسومات بالاتجاه نحو قطبيّ الخليّة حتى يجتمع في كل قطب نصف عدد الكرموسومات. يبدأ انقسام السيتوبلازم .(cytokinesis) ينتج عن انقسام السّيتوبلازم خليتان تحتوي كل منهما على نصف عدد الكرموسومات الأصلي، ويبدأ الاستعداد للمرحلة الثّانية من الانقسام الاختزالي دون حدوث تضاعف للمادة الوراثيّة.(DNA)



Late prophase I Metaphase I Anaphase I

المرحلة الثّانيّة من الانقسام الاختزالي:

الطّور التّمهيدي الثّاني(Prophase II) وتحدث فيه التّغيُرات الآتية:

تفكّك الغلاف النّووي والنّويات وتظهر شبكة الخيوط المغزليّة . تبدأ الكروموسومات بالتّوجّه نحو مركز الخليّة.

الطّور الاستوائي الثّاني(Metaphase II): وتحدث فيه التّغيُّرات الآتيّة:

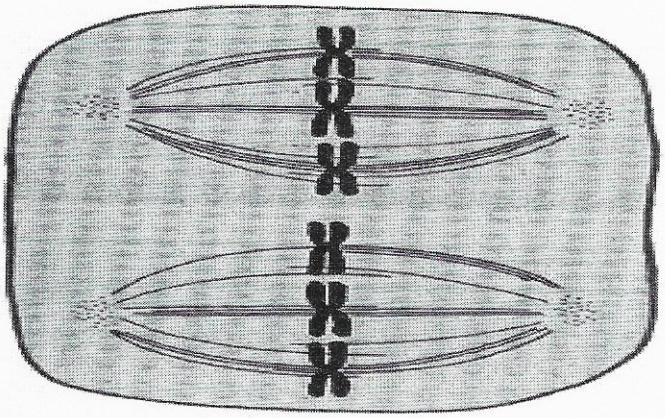
تصطفّ الكرموسومات في مركز الخليّة. تُشير ألياف الحيّز الحركي (kinetochore fibers) لكل من الكروماتيدَين الشقيقين باتجاهَين مُتعاكسَين؛ علماً أنّ الحيّز الحركي هو جزء من السّنترومير الذي يربط الكرماتيدَين معاً، وهو مكان ارتباط الخيوط المغزليّة التي ستعمل على فصل الكروماتيدات عن بعضها).

الطّور الانفصالي الثّاني (Anaphase II) ويحدث فيه ما يلي:

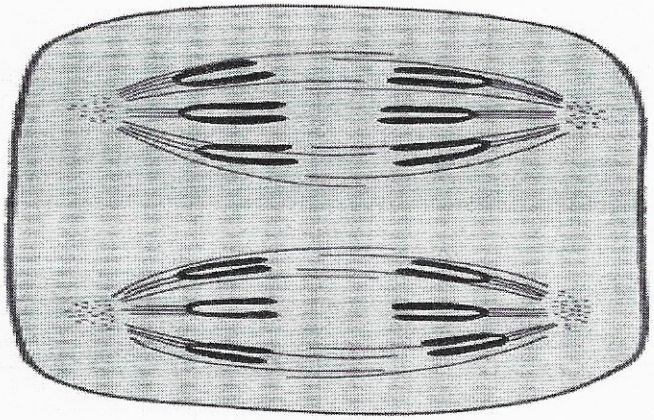
تنفصل الكروماتيدات الشّقيقة عن بعضها وتبدأ بالتوجّه نحو قطبي الخليّة، ويمثّل كل كروماتيد منها كرموسوماً كاملاً، وتُسمّى في هذه المرحلة الكروموسومات الوليدة Daughter) chromosomes). تتمدّد الألياف المغزليّة غير المتصلة بالكروماتيدات؛ ممّا يؤدّي إلى استطالة الخليّة. تبدأ أقطاب الخليّة بالتّباعد عن بعضها. تتجمع الكروموسومات الوليدة عند قطبي الخليّة في نهاية الطّور الانفصالي الثّاني.

الطّور النّهائي الثّاني(Telophase II) : وتحدث فيه التّغيُّرات الآتية:

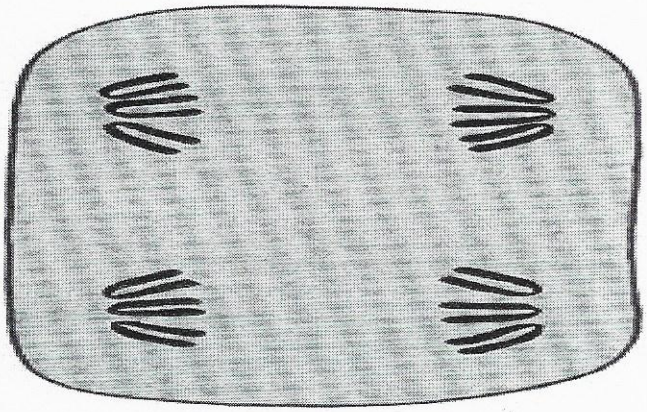
تظهر النّويّات من قُطبيّ الخليّة. ينقسم السّيتوبلازم، وتنتج خليتان من كل خلية دخلت في المرحلة الثّانيّة من الانقسام الاختزالي، وبذلك يكون النّاتج النّهائي للانقسام الاختزالي أربع خلايا وليدة، وفي كل خلية نصف عدد كروموسومات الخليّة الأصليّة.



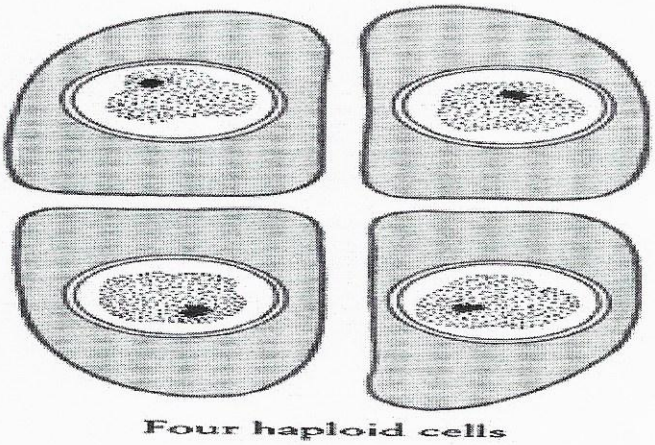
Metaphase II



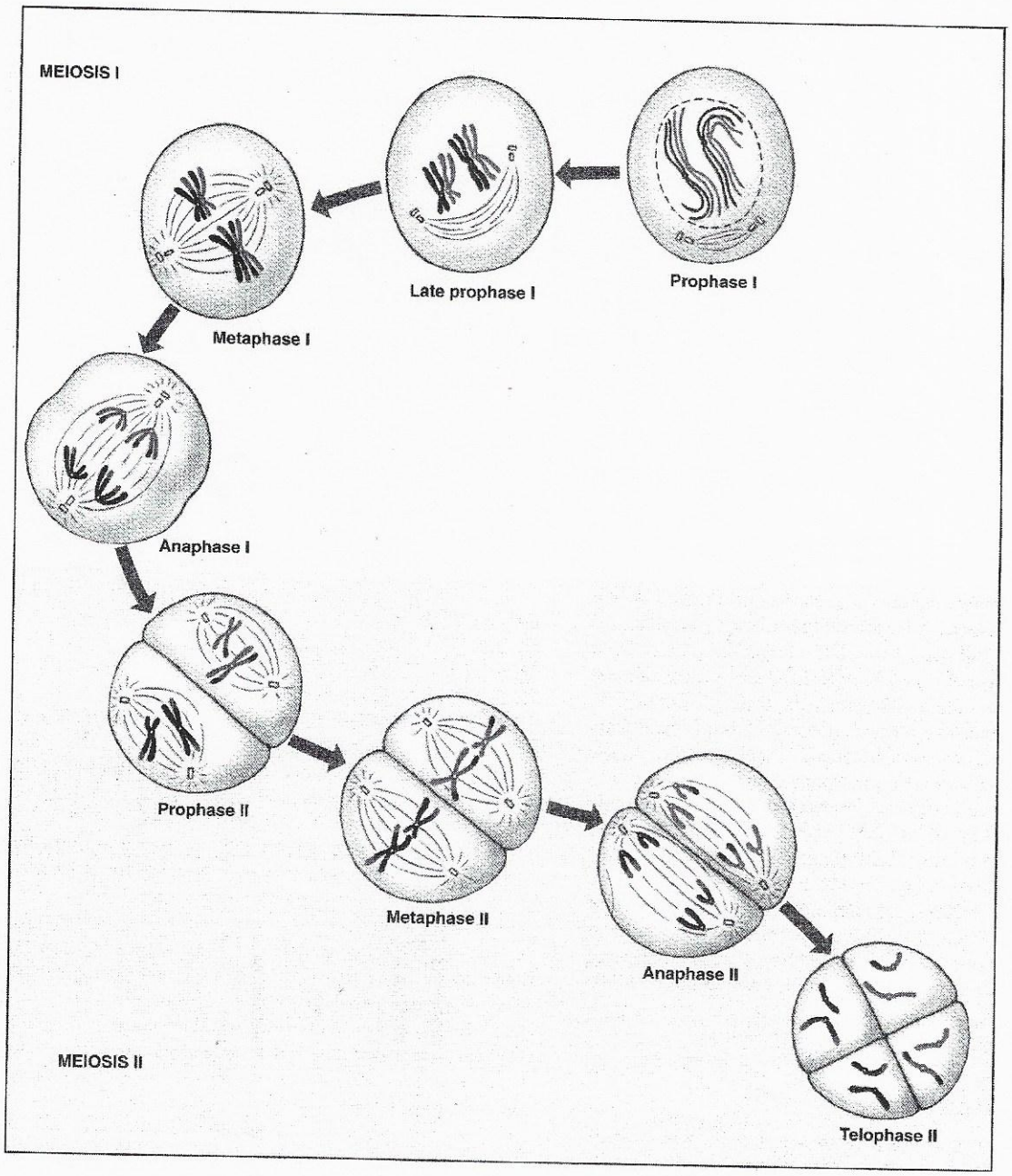
Anaphase II



Telophase II



Four haploid cells

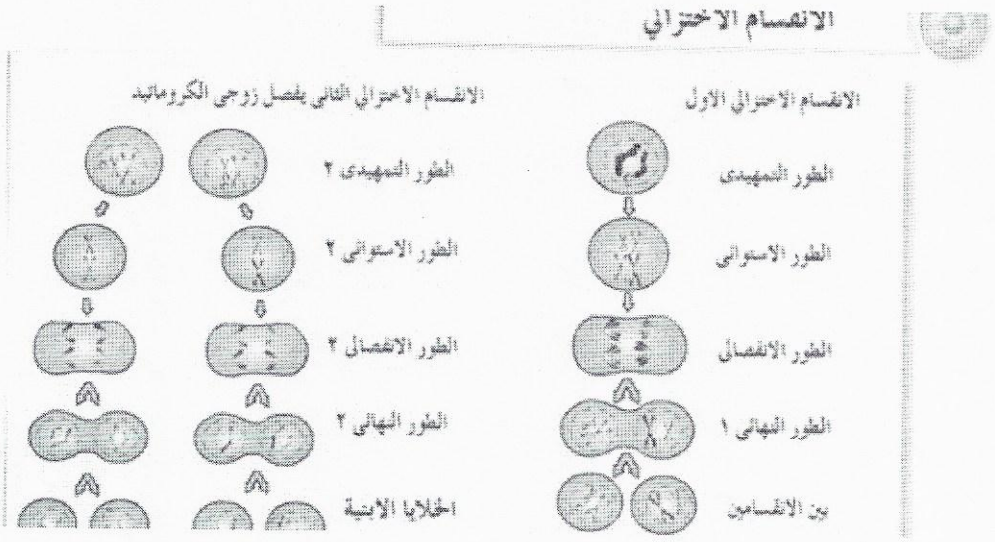


انقسام السّيتوبلازم في الخلايا النباتيّة والحيوانيّة:

تختلف آليّة انقسام السّيتوبلازم أثناء الطّور النّهائي من الانقسام الاختزالي في كل من الخلايا النّباتيّة والحيوانيّة، يحدث انقسام السّيتوبلازم في الخلايا الحيوانيّة بمساعدة الألياف المغزليّة :

(Spindle Apparatus)التي تُحدّد موقع الحلقة المُتقلّصة (Contractile Ring)في الخليّة. تتكوّن الحلقة المتقلصّة من خيوط الأكتين (نوع من الخيوط الدّقيقة التي توجد فقط في الخلايا الحيوانيّة)، وبروتين الميوسين، وعند انقسام السّيتوبلازم يُسبّب بروتين الميوسين انقباض خيوط الأكتين؛ الأمر الذي يؤدي إلى تكوّن أخدود عميق في وسط الخليّة يُسمّى أخدود الانقسام : (Cleavage Furrow)، ومع استمرار انقباض خيوط الأكتين ينقسم السّيتوبلازم إلى خليتَين وليدتَين.

يحدث انقسام السّيتوبلازم في الخلايا النّباتيّة بطريقة مختلفة، فلا يتكوّن أخدود الانقسام، في المقابل تتكوّن صفيحة خلويّة (cell plate) :في منتصف الخليّة النباتيّة، وتبدأ بالتّمدد أفقياً حتى تلتحم بالجدار الخلوي وتُشكّل بذلك فاصلاً بين الخليتَين الوليدتَين، في ما بعد تتحوّل الصّفيحة الخلويّة إلى جدار خلوي، وهنا لا بُدّ من التّنويه إلى أنّ الصّفيحة الخلويّة تنشأ من حويصلات يُنتِجها جهاز غولجي (Golgi apparatus).



يتبين مما سبق أن الانقسام المنصف يتضمن انقسامين متتاليين لاتتضاعف خلالهما الـ DNA والخيوط الصبغية إلا مرة واحدة. ينتج عن الانقسام الأول تكوين خليتين تحتوي كل منهما

على نصف العدد من الصبغيات(N) ولكن كل صبغي يتكون من صبيغيين (2N). وفي الانقسام الثاني ينفصل صبيغيا كل صبغي عن بعضهما ليتكون في النهاية أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية (N) انطلاقاً من خلية أم ثنائية الصيغة الصبغية. وتعطي هذه الخلايا نطاف في الذكور وبويضات في الإناث. وأثناء عملية الالقاح تتحد نواة النطفة مع نواة البويضة لتتكون البيضة المخصبة التي تحتوي على العدد المضاعف من الصبغيات (2N). وهنا تظهر أهمية الانقسام المنصف، فلولا حدوثه لتضاعف عدد الصبغيات عند كل مرة تحدث فيها عملية الالقاح.

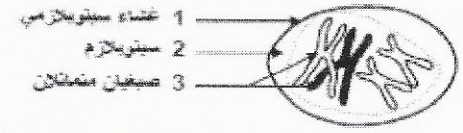
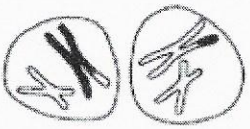
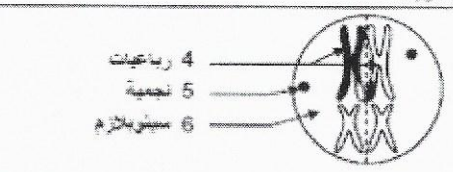
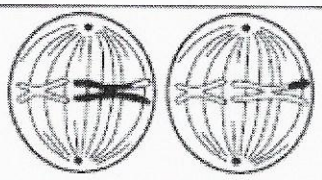
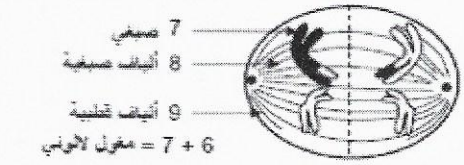
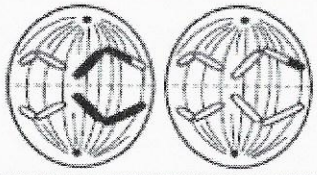
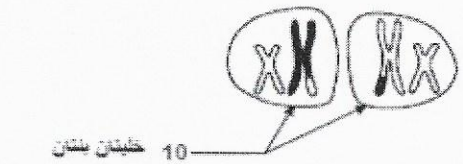
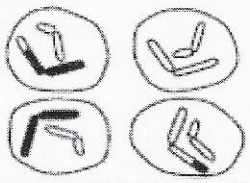
أهمية الانقسام المنصف:

1. يتكون الناتج النهائي من أربعة خلايا بكل منها نصف العدد الوراثي يطلق عليها إسم أعراس (حيوانات منوية ، بويضات) . إذا اتحد العروس الذكري مع العروس الأنثوي ينتج الزيجوت الذي يحتوي العدد الأصلي من الصفات الوراثية والذي ينتج منه الجنين بذلك يحفظ العدد الثابت للكروموسومات.

2- تبادل صفات وراثية بين الكروموسومات بنظام ثابت وذلك في المرحلة الضامة من الطور التمهيدي الأول بحيث تنتقل صفة مكان صفة أخري مثلها وتسمى هذه العملية بالعبور .

3- ظهور صفات سائدة وصفات متنحية .

4-فصل الصبغي X عن الصبغي Y في عروسين منفصلين عند النطاف، ولا يعودان للاجتماع معاً ثانية إلا بعد الإلقاح في البيضة المخصبة.

I = الانقسام الأول = الانقسام المنصف	II = الانقسام الثاني = الانقسام التعادلي
 **① الطور التمهيدي I** يتميز بتكثيف الصبغيات، وبإقتران الصبغيات المتماثلة ، متشكلة أزواجا تسمى الرباعيات. اختفاء الغشاء النووي والنويلة	 **③ الطور التمهيدي II** تبتدئ مباشرة بعد الطور النهائي I في كل خلية، تبقى الصبغيات منتصرة طوليا، و يظهر المغزل الثنائي في كل خلية.
 **② الطور الامتوائي I** تتموضع الصبغيات المتماثلة في المستوى الاستوائي للخلية، تتكون النجميتين وتبدأ تشكل المغزل الثنائي.	 **④ الطور الامتوائي II** بعد اكتمال تشكل المغزل الثنائي، تتموضع الصبغيات على مستوى وسط الخلية مشكلة صفيحة استوائية.
 **③ الطور الانفصالي I** انفصال الصبغيات المتماثلة بعضها عن بعض، و هجرتها نحو القطب الخلوي القريب منها، كل صبغي مكون من صبغيتين.	 **⑦ الطور الانفصالي II** انقطار الجزيء المركزي لكل صبغي بفعل تقلص خيوط المغزل الثنائي، فتحصل على صبغيات مُشكلة من صبغي واحد، تهاجر في اتجاه قطبي الخلية.
 **④ الطور النهائي I** تجمع الصبغيات المكونة من صبغيتين في كل قطب، وتحصل على خليتين بنتين احداهما الصيغة الصبغية	 **⑧ الطور النهائي II** تنقسم كل خلية مُشكلة خليتين، وبذلك نحصل على أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية.