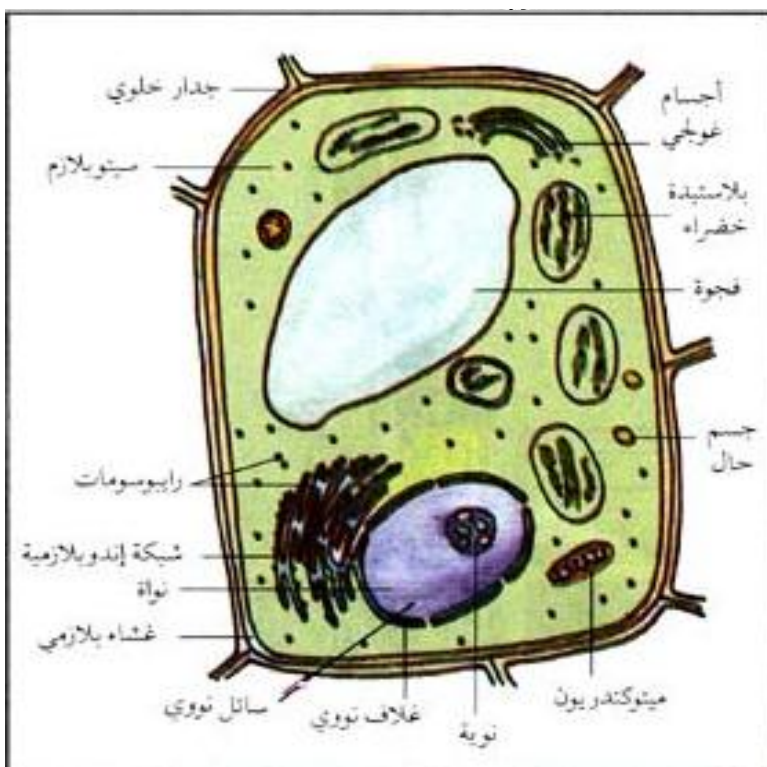


الانقسام الخلوي Cell Division

الخلية : هي وحدة بناء الكائن الحي ويتوقف نمو الكائن الحي على زيادة عدد الخلايا نتيجة انقساماتها المتتالية وزيادة حجمها . ويعد الانقسام الخلوي احدى وسائل التكاثر في الكائنات الحية وحيدة الخلية وفي اغلب الاحيان يعد الوسيلة الوحيدة في التكاثر ، وتتكون الخلية بشكل رئيسي من قسمين هما النواة، والساييتوبلازم . وتكون في الكائنات الحية وحيدة الخلية النواة غير معزولة بغشاء عن الساييتوبلازم بينما تكون النواة والنوية والساييتوبلازم معزولة بغشاء في الكائنات الحية الراقية .



شكل(1) يوضح الخلية البنائية

الساييتوبلازم : يحوي ساييتوبلازم الخلية على عدة اجسام لها وظائف مختلفة ففي الكائنات الحية الراقية حقيقية النواة (Eucaryotes) تحتوي على

1. النواة : هي الجزء المهم في الخلية والذي يسيطر على نشاط الخلية ويعتبر مصدر للتوارث لانها تحمل المادة الوراثية المتمثلة بالكروموسومات التي تقع عليها الجينات وتكون النواة محاطة بغشاء نووي يضم بين اجزائه المادة الكروماتينية وتحتوي على النوية ونظراً لكثرة وجود العصير النووي في النواة لذا يمكن اعتبارها مادة سائلة في بروتوبلاست الخلية .

2. البلاستيدات : هي اجسام بروتوبلازمية وتعتبر من الخصائص المهمة التي تتميز بها النباتات وتصنف البلاستيدات على وجود او عدم وجود الصبغات فالبلاستيدات التي تحتوي على الصبغة تسمى بالبلاستيدات الملونة اما التي لا تحتوي على الصبغة تسمى بالبلاستيدات عديمة اللون والبلاستيدات ذات الصبغات الخضراء لها اهمية كبيرة في حياة النبات لانها تقوم بعملية التركيب الضوئي .

3. المايوتوكندريا: اجسام بروتوبلازمية صغيرة موجودة في الساييتوبلازم وظيفتها الاساسية عملية التنفس والاكسدة وتقوم بنقل بعض صفات الكائنات الحية .

4. اجسام كولجي: هي اجسام موجودة في الساييتوبلازم لها علاقة بوظيفة الابرار في الكائن الحي.

5. الرايبوسومات: هي جزيئات صغيرة جداً توجد في الساييتوبلازم وتساهم في تكوين البروتينات من الاحماض الامينية ولها القدرة على ان ترتبط مع الاجسام الساييتوبلازمية اخرى داخل الساييتوبلازم .

يشمل الانقسام الخلوي انقسامان اساسيان هما

1. الانقسام الاعتيادي (المباشر) Mitosis

هذا الانقسام يتم في خلايا الكائنات الحية وفي الكائنات وحيدة الخلية (Prokaryotes) يشمل انقسام الكروموسوم طولياً ليذهب كل نصف الى طرف من اطراف الخلية لذا فان هذه الكائنات تحافظ على صفاتها من جيل الى اخر . يحصل الانقسام المايوتوزي عند انقسام الخلايا الجسمية وفي خلايا الكائنات الحية المتطورة (Eukaryotes) يمر الانقسام بمراحل رئيسية تبدأ باطوار الانقسام هي

1. الطور البيني Interphase :- حيث تظهر فيها النواة بشكل واضح والكروموسومات عبارة عن

شبكة ترتبط خيوطها بعضها البعض الاخر كما تكون النوية واضحة .

2. الطور التمهيدي Prophase :- في هذا الطور تظهر الكروموسومات بشكل واضح وتكون على

شكل كتلة ملتوية ويكون الجسمان المركزيان في هذا الطور يظهران بوضوح وفي نهاية هذا الطور

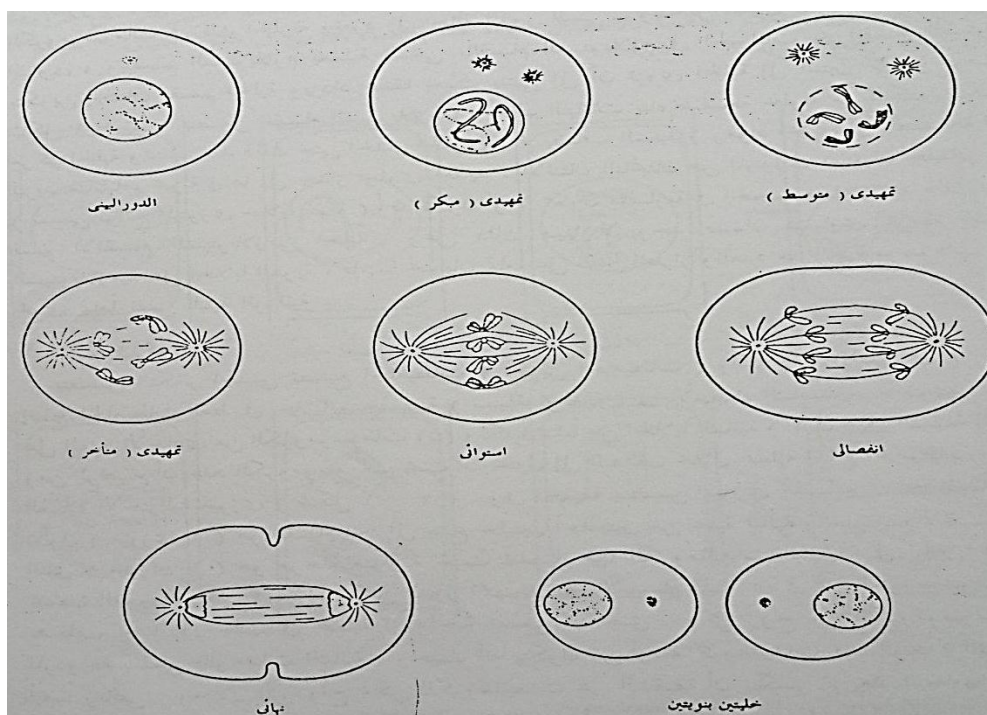
ينشط الكروموسوم الى شطرين كل جزء يسمى بالكروماتيد Chromatid وفي نهاية هذا الطور

تختفي النوية ويبدأ الغشاء النووي بالاختفاء

3. الطور الاستوائي Metaphase :- تكون الكروموسومات في هذا الطور سميكة وقصيرة وتبدأ بالحركة نحو منتصف الخلية بعد تحطم الغشاء النووي وهنا يبدأ ظهور الخيوط المغزلية التي تربط الكروماتيدات مع اقطاب الخلية حيث يرتبط كروماتيد كل كروموسوم بالسنترومير .

4. الطور الانفصالي Anaphase :- يبدأ السنترومير بالانفصال وينفصل كل كروماتيد عن شقيقته وتتحرك بواسطة الخيوط المغزلية الى اقطاب الخلية وتسمى الكروماتيدات في هذه المرحلة بالكروموسومات البنوية .

5. الطور النهائي Telophase :- تظهر الكروموسومات الجديدة في اقطاب الخلية ثم تبدأ الصفحة الوسطى بالتكوين التي تفصل بين الخليتين الجديدتين وتكون الجدار الخلوي ويتكون الغلاف النووي حول الكروموسومات وفي نهاية الطور تتكون خليتين جديدتين كل خلية تشابه الخلية الاخرى من حيث عدد الكروموسومات



شكل (2) يوضح مراحل الانقسام الخلوي المباشر (Mitosis)

مراحل الانقسام الخلوي المايوتوزي المباشر يتمثل بالأطوار التالية

1. الطور البيني Interphase
2. الطور التمهيدي Prophase
3. الطور الاستوائي Metaphase
4. الطور الانفصالي Anaphase
5. الطور النهائي Telophase

2. الانقسام الاختزالي (غير المباشر) الجنسي Meiosis

هذا الانقسام يعمل على توزيع الكروموسومات بانتظام في الخلايا الجسمية وان أي خلية جسمية في أي كائن حي تحتوي على عدد ثابت من الكروموسومات وكل خلية تحتوي على العدد الاصلي من الكروموسومات ويحصل اختزال لعدد الكروموسومات في كل من البيضة والمشيح الى النصف وعند اتحادها خلال عملية الاخصاب يؤدي الى رجوع العدد الاصلي من الكروموسومات في الجيل الناتج وهذا يحصل في الكائنات التي تتكاثر جنسياً.

الانقسام الاختزالي عبارة عن انقسامين متتاليين الاول يعمل على اختزال عدد الكروموسومات الى النصف بينما الانقسام الثاني يعمل على توزيع كروماتيدي كل كروموسوم الى خلية جديدة . يحدث هذا الانقسام في الخلايا الجنسية المتمثلة بحبوب اللقاح والمبايض في النبات وكل خلية جنسية تحتوي على ($2n$) من الكروموسومات . ومن خلال المراحل التي يمر بها الانقسام الاختزالي هي

أ- الطور التمهيدي الاول Prophase I ويشمل المراحل التالية

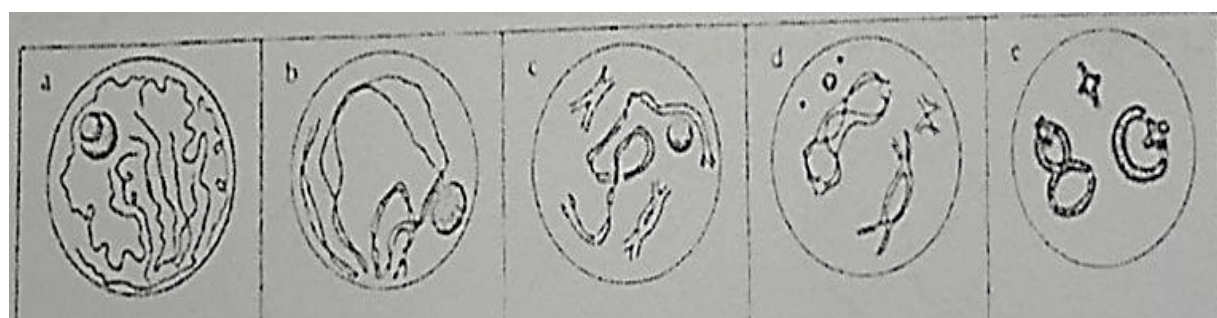
1. الدور القلادي Liptotene :- تظهر في هذا الدور الكروموسومات على شكل خيوط طويلة ورفيعة وتظهر عليها بقع بلون غامق وتكون متساوية في الكروموسومات وتسمى الكروموميرات ، كما يمكن ان تظهر النوية بوضوح في هذا الدور .
2. الدور الازدواجي (التزاوجي) Zygotene :- هذا الدور يعتبر اهم ادوار الانقسام المايوتوزي وفيه يحدث اقتراب للكروموسومين المتماثلين ، وهنا يحدث تثخن للكروموسومات ويلتقي كل كروموسوم مع نظيره بصورة مزدوجة وتسمى هذه العملية (Synapsis) وهي عملية متخصصة تحدث بين

الكروموسومات المتماثلة ويحدث تبادل للمادة الوراثية بين الكروموسومات بظاهرة مهمة تسمى العبور (Crossing over).

3. الدور الضام Pachytene :- بعد انتهاء عملية الاقتران الكروموسومي لزوجي الكروموسومات المتماثلة يزداد تثخن الكروموسومات المتماثلة وقصرها فتحصل عملية الازدواج وتظهر الكروماتيدات للكروموسومات المتماثلة ويطلق عليها المجموعة الرباعية bivalent في هذه المرحلة تكتمل عملية العبور وتتبادل الكروماتيدات المادة الوراثية فيظهر في النسل الناتج حصول اختلافات وراثية جديدة بسبب انتقال الجينات من كروماتيد الى آخر.

4. الدور الانفراجي Diplotene :- بعد حصول تبادل المادة الوراثية بين كروماتيدات الكروموسومات المتماثلة تبدأ الكروموسومات المتماثلة بالابتعاد عن بعضها الا انها تبقى متصلة مع بعضها في المناطق التي حصل فيها العبور وتسمى (الكايازما).

5. الدور التشتتي Diakinesis :- في هذا الدور يزداد تثخن الكروموسومات بشكل واضح وتستمر عملية انتقال مناطق الكايازما الى طرفي كل كروموسوم وتتفصل الكروموسومات ويعاد ارتباطه بالسنترومير وينتهي هذا الدور بالانفصال التام بين الكروموسومات .



الدور التشتتي الدور الانفراجي الدور الضام الدور الازدواجي الدور القلاوي

شكل (3) يوضح مراحل الانقسام الاختزالي للطور التمهيدي الاول

ب-الطور الاستوائي الاول Metaphase I

في هذا الطور ينشطر كروماتيدا كل كروموسوم وتترتب الكروموسومات بصورة متقابلة في وسط الخلية وترتبط بالخيوط المغزلية بعد ان حصل كل كروموسوم على قطعة من كروموسوم آخر في المناطق التي حصل فيها العبور .

ج- الطور الانفصالي الاول Anaphase I

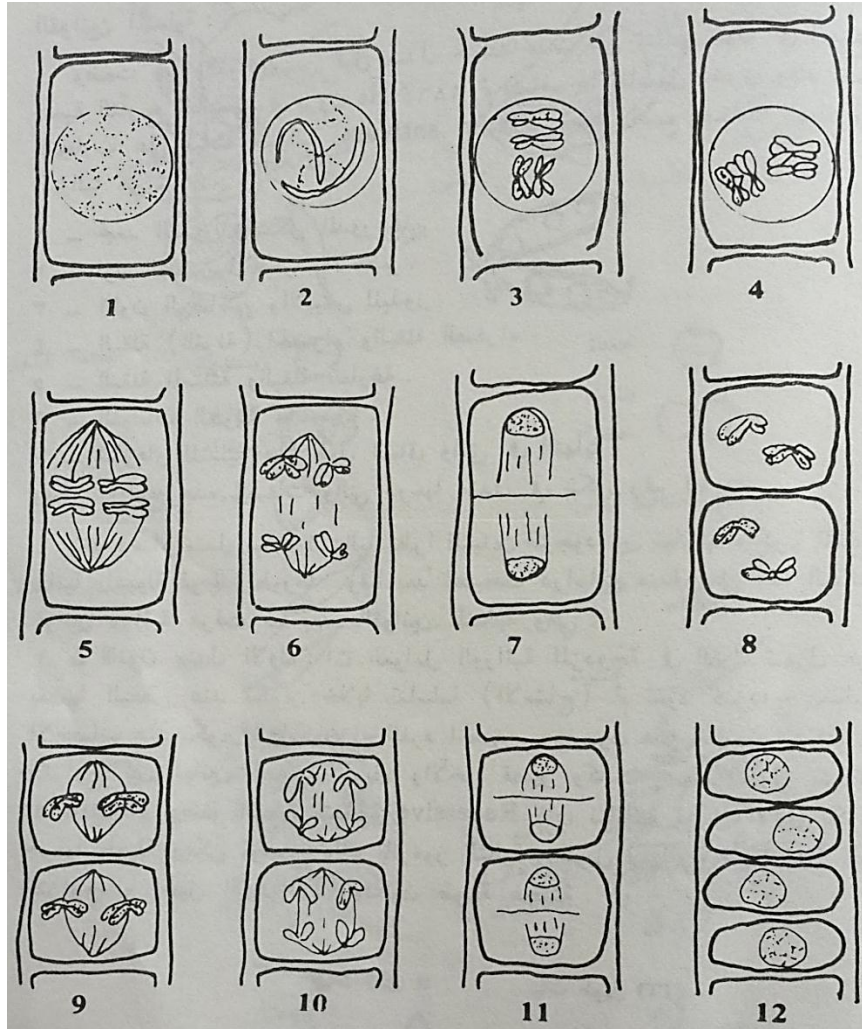
تبدأ الكروماتيدات بالابتعاد الى اقطاب الخلية وهنا يتجه نصف عدد الكروموسومات الى كل قطب من اقطاب الخلية .

د. الطور النهائي الاول Telophase

في هذا الطور الكروموسومات تبدأ بالاستطالة ويقل سمكها ويتكون جدار فاصل بين الخليتين الجديدتين وتدخل كل خلية داخل جدار جديد للنواة ثم يبدأ الغلاف النووي بالظهور الذي يحيط بالكروموسومات الموجودة داخل النواة .

هـ - الطور الابتدائي الثاني Prophase II

في هذه المرحلة يحصل انقسام مباشر للخلايا وهنا تحتفظ كل خلية بنصف العدد الاصلي من الكروموسومات ويلى هذا الطور الطور الاستوائي الثاني والطور الانفصالي الثاني والطور النهائي الثاني للحصول على اربعة خلايا كل خلية حاوية لنصف العدد من الكروموسومات.



شكل (4) يوضح اطوار الانقسام المايوزي (Meiosis)

مراحل انقسام الخلوي غير المباشر (Meiosis) او الجنسي في الخلية النباتية

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. الطور البيني | 7. الطور النهائي الاول |
| 2. الطور التمهيدي الاول | 8. الطور التمهيدي الثاني |
| 3. تقارب (ازدواج) الكروموسومات المتناظرة | 9. الطور الاستوائي الثاني |
| 4. العبور | 10. الطور الانفصالي الثاني |
| 5. الطور الاستوائي الاول | 11. الطور النهائي الثاني |
| 6. الطور الانفصالي الاول | 12. تكون الخلايا الجنسية الجديدة |

مراحل الانقسام المايوزي

1. تضاعف كل كروموسوم لتكوين كروماتيدان
2. انتقال الكروموسومات المتناظرة الى مركز الخلية مع ابقاء الكروماتيدات مرتبطه بمنطقة السنترومير .
3. انفصال الكروموسومات النظرية وتحرك كل كروموسوم الى قطب من اقطاب الخلية مع بقاء الكروماتيدات متصلة .
4. تكوين خيوط مغزلية في اقطاب الخلية وينظم اصطفاف الكروماتيدات على خط الاستواء الخلية
5. مرحلة انقسام السنترومير وانتقال الكروماتيدات الى الاقطاب

الصفات التي يتصف بها الانقسام الميوزي (Mitosis) والمايوزي (Meiosis)

Meiosis	Mitosis
1.انقسام اختزالي تنفصل فيه الكروموسومات المتماثلة في الجزء الاول من الانقسام اما في الجزء الثاني يكون انقسام اعتيادي تنفصل فيه الكروماتيدات الشقيقة	1.انقسام متوازن تنفصل فيه الكروماتيدات الشقيقة
2.انقسامين سايكلزيميين احدهما يتبع الانقسام الاختزالي والآخر يتبع الانقسام الاعتيادي (انقسام متوازن للكروموسومات)	2.انقسام واحد للسايكلزيم لكل انقسام متوازن
3.يحدث تبادل وراثي بين الكروموسومات المتماثلة (يحدث التضاعف)	3.لايحدث التبادل الوراثي بين الكروموسومات المتماثلة (لايحدث التضاعف الكروموسومي)
4. اربعة خلايا تنتج لكل انقسام	4.تنتج خليتان بنويتان لكل انقسام
5.العدد الكروموسومي لنواتج الميوزي نصف عدد الخلية الام	5.العدد الكروموسومي لخلايا الابناء مماثل لعدد خلايا الام
6.يحدث في الخلايا التناسلية	6.يحدث في اغلب الخلايا الجسمية

الكروموسومات Chromosomes

هي عبارة عن اجسام خيطية ملتوية توجد داخل نواة الخلية وتكون منتشرة في العصير النووي .ان طول الكروموسوم وحجمه يتغيران اثناء مراحل انقسام الخلية ويعد الطور الاستوائي والانفصالي اهم الاطوار لدراسة شكل الكروموسوم حيث تظهر على شكل اجسام اسطوانية الشكل ، تقع على الكروموسومات جينات او عوامل وراثية تقوم بنقل الصفات الوراثية من الالباء الى الابناء وعدد الجينات التي تقع على الكروموسوم تختلف باختلاف سمك الكروموسوم وطوله وتختلف باختلاف خلايا الكائنات الحية في بعض الاحيان يكون معدل عدد الجينات على الكروموسوم بحدود 500 جين بينما في حشرة الدروسوفلا يتراوح بحدود 1250 جين على الكروموسوم الواحد ، يحوي كل كروموسوم على منطقة تسمى بالسنترومير او القطعة المركزية التي تقسم الكروموسوم الى ذراعين .

تصنيف الكروموسومات

يمكن تصنيف الكروموسومات على اساس موقع القطعة المركزية الى اربعة اصناف

1. كروموسوم وسطي التمرکز Metacentric

يكون موقع السنترومير في وسط الكروموسوم حيث يقسم الكروموسوم الى ذراعين متساويين في الطول وهذا يظهر في الطور الانفصالي .

2. كروموسوم تحت وسطي التمرکز Submetacentric

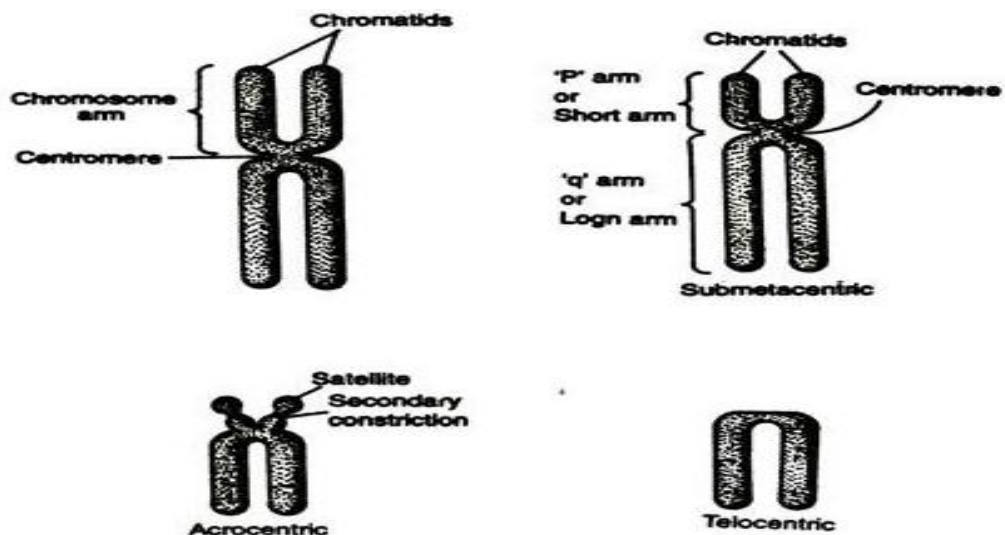
وفيه يكون موقع السنترومير قريباً عن الوسط ويقسم الكروموسوم الى ذراعين غير متساويين ويظهر اثناء الطور الانفصالي .

3. كروموسوم نهائي التمرکز Telocentric

وفيه يقع السنترومير عند احدى نهايتي الكروموسوم ويكون الكروموسوم مؤلف من ذراع واحد

4. كروموسوم تحت نهائي المركز

يقع السنترومير (القطعة المركزية) قرب احدى نهايتي الكروموسوم حيث ينقسم الكروموسوم الى ذراع طويل وذراع قصير ويطلق عليه ايضاً Acrocentric .



رسم (5) يوضح شكل الكروموسومات

الصفات التركيبية للكروموسومات

يتألف الكروموسوم من المادة النووية والبروتينات التي تكون من نوع الهستونات واللاهستونات لتكون ما يسمى بالليف البروتيني النووي وتشمل بروتينات الكروموسوم.

الهستونات :- هي بروتينات قاعدية تحمل شحنة موجبة بواسطة مجاميع NH_3 للحامضين الامينيين اللايسين والارجنين اللذان يشكلان نسبة 20 - 30% من المجموع الكلي للحمض الامينية في كل جزيئة هستون وقد اكدت الابحاث ان اي تضاعف لل DNA يتبعه هبوط في بناء الهستون .

اللاهستونات :- تشمل البروتينات اللاهستونية جميع البروتينات الكروموسومية باستثناء الهستونات التي تعزل سوية مع ال DNA من الكروماتين ومن الصعوبة عزل هذا النوع من البروتينات للأسباب التالية

1. انها اقل تلازماً من الهستونات

2. اللاهستونات تنظم على الاقل 20 نوع رئيسي من البروتينات وربما العديد من البروتينات الثانوية .

تختلف الكائنات الحية في العدد الكروموسومي في خلاياها والعدد الكروموسومي ليس له علاقة بتطور الكائن الحي الا انه من المنطق ان تكون الكائنات الحية الدقيقة اقل محتواها في اعداد الكروموسومات من الكائنات الحية الراقية .

جدول (2) يبين الاسماء العلمية لبعض النباتات وعدد الكروموسومات للكائنات الحية نباتية وحيوانية

الاسم العلمي للمحاصيل الزراعية	اعداد الكروموسومات
<i>Triticum aestivum</i> حنطة الخبز	42
<i>Triticum durum</i> حنطة المعرونة	28
<i>Hordeum vulgare</i> الشعير	14
<i>Oryza sativa</i> الرز	24
<i>Zea mays</i> الذرة الصفراء	20
<i>Sorghum bicolor</i> الذرة البيضاء	20
<i>Gossypium hirsutum</i> القطن	52
<i>Phaseolus vulgaris</i> الفاصوليا	22
<i>Pisum sativum</i> البزاليا	14
<i>Vicia faba</i> الباقلاء	12
<i>Solanum tuberosum</i> البطاطا	48
<i>Allium cepa</i> البصل	16
<i>Nicotiana glauca</i> التبغ	48
<i>Meleagris gallopavo</i> الديكة	82
<i>Ceratitis capitata</i> حشرة الدروسوفلا	8
<i>Felis catus</i> القط	38
<i>Rattus norvegicus</i> الفار	40
<i>Orctolagus unicolor</i> الارنب	44
قرد الشمبانزي و الغوريلا	48
الجرذان	42
بودة القز	56
بودة الاسكارس	2
الحصان	64